15. FEBRUAR 1929

HEFT 7

FUNK BASTLER

FACHBLATT DES DEUTSCHEN FUNKTECHNISCHEN VERBANDES E.V.

Zur Frage des direkt gekoppelten Widerstandsverstärkers

Von

Oswald Scharfenberg.

In neuerer Zeit wurde eine von der üblichen Anordnung abweichende Schaltung für Widerstandsverstärker[1]) viel besprochen; eine große Zahl von Anfragen veranlaßt mich, die Wirkungsweise dieser Schaltung hier genauer zu beschreiben und die Anordnung mit der bisher üblichen in bezug auf Anwendungsmöglichkeiten und Leistung zu vergleichen.

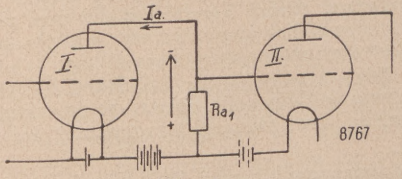


Abb. 1.

Beim Bau von Mehrfachverstärkern steht man fast immer vor der Aufgabe, eine Wechselspannung vom Anodenkreis einer Stufe auf den Gitterkreis der nächsten zu übertragen, wobei jedoch die hohe Anodenspannung der ersten Röhre vom Gitter der folgenden ferngehalten werden soll. Am einfachsten ließe sich dies nach der Schaltung Abb. 1 erreichen. Gibt man jeder Röhre eine eigene Heiz- und Anodenbatterie, so kann man den an R_{a1} durch den Anodenstrom I_a entstehenden Spannungsabfall dazu benutzen, das Gitter der nächsten Röhre auf das erforderliche negative Gleichstrompotential zu bringen; am Widerstand R_{a1} sinkt nämlich die Spannung in der angegebenen Pfeilrichtung, so daß tatsächlich das Gitter der Röhre II negativ gegen den zu ihm gehörigen Heizfaden ist. Unter einem Sinken der

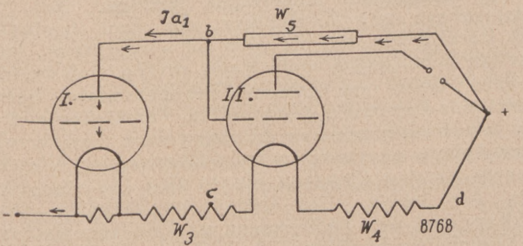


Abb. 2.

Spannung sei hier eine Änderung nach der negativen Seite, unter Steigen dementsprechend also eine Änderung nach der positiven verstanden. Durch Verändern von R_{a1} und gegebenenfalls der zu Röhre I gehörigen Anodenspannung ließe sich also die für die zweite Stufe nötige negative Gittervorspannung einstellen. Unbequem sind in dieser Schaltung nur die für jede Stufe getrennt erforderlichen Batterien. Diesen Übelstand kann man jedoch vermeiden, wenn man nach einem in den bereits oben erwähnten Aufsätzen gemachten Vorschlag alle Spannungen von einem Potentiometer abgreift, und damit die Schaltung zum Netzempfänger ausgestaltet. Die ganze Anordnung bekommt dann, wenn man sie genau betrachtet, eine verblüffende Ähnlichkeit mit der guten alten Wheatestone-Brücke. In dem einen Brückenzweig liegen W_5 und die Röhre I in Reihe, im zweiten W_3, W_4 und die beiden Heizfäden, während an Stelle der Brücke die Strecke Gitter—Kathode der Röhre II liegt. Durch diese Betrachtungsweise leuchtet nun auch ohne weiteres ein, daß man durch Wahl der vier Verzweigungswiderstände es in der Hand hat, die Spannung am Gitter II beliebig einzustellen.

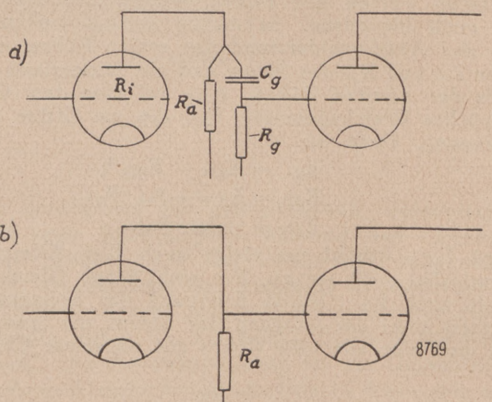


Abb. 3.

Soviel sei an dieser Stelle über das Prinzip und die Gleichstromeinstellung des Verstärkers gesagt. Was haben wir nun von dieser Anordnung gegenüber der gebräuchlichen Schaltung mit Kopplungskondensator und Gitterableitung zu erwarten? In Abb. 3 sind beide Prinzipschaltungen einander gegenübergestellt. Durch das Fehlen der Kopplungskondensatoren wird die Schaltung 3 b geeignet, auch ganz niederperiodige Wechselspannungen, ja sogar auf das Gitter I wirkende Gleichspannungsänderungen zu übertragen, was ja aus der Betrachtungsweise der Anordnung der Brückenschaltung ohne weiteres auch hervorgeht. Von der üblichen Widerstandskapazitätskopplung (Abb. 3 a) werden Gleichspannungsänderungen nicht übertragen. Der Frequenzbereich nach den tiefen Frequenzen hängt hier von dem Kopplungskon-

[1]) Vgl. die Aufsätze von Dipl.-Ing. Patzschke, „Funk-Bastler", Jahrg. 28, Heft 24 und 37, Seite 269 und 568.

densator C_g und dem Gitterableitwiderstand R_g ab; es ist die tiefste noch übertragene Frequenz $f_1 = {}^1/_2 \pi C_g R_g$. Für diese Frequenz hat die Betriebsverstärkung $b = \ln W$ auf den Betrag $\frac{b}{\sqrt{2}}$ abgenommen. Die Spannungsverstärkung einer Stufe von Gitter zu Gitter gemessen ist:

$$W = \frac{S}{\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_g}} \text{ }^{2)}.$$

Für: $C_g = 0{,}01\ \mu F$ und $R_g = 500\,000$ Ohm wird z. B. $f_1 = 30$; ein Wert, der für gute Musikverstärker immerhin ganz annehmbar ist.

Nach den hohen Frequenzen hin dürfte der Gleichstromverstärker nicht ganz so günstig arbeiten wie die Kondensatorkopplung. Hier ist die obere Grenzfrequenz $f_2 = 1/2 \pi C_g \cdot 1/R$, wobei $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_g}$ ist. Der Wert von C_g ist durch den direkten Anschluß des Gitters an die Anode sehr groß — theoretisch „unendlich" — geworden, und die Größe R hat sich durch den Fortfall des Gitterwiderstandes kaum geändert. Betreffs des Frequenzbereiches kann also der kapazitätsgekoppelte Widerstandsverstärker der für Musikübertragung gestellten Forderung von $f_1 = 30$ Hz bis $f_2 = 10\,000$ Hz leichter gerecht werden als der Verstärker mit reiner Widerstandskopplung.

Der letzte Punkt, der für einen Vergleich noch in Betracht käme, die Verstärkungsziffer innerhalb des günstigsten Frequenzbereiches, liegt bei reiner Widerstandskopplung wieder günstiger. Während nach Abb. 3 a bei der Kapazitätskopplung hinter der Anode der ersten Röhre eine Stromverzweigung über die Widerstände R_a und R_g stattfindet und damit die Spannung am zweiten Gitter niedriger wird als die Wechselspannung an der vorhergehenden Anode, erhält nach der Schaltung 3 b das Gitter die vollen Spannungsschwankungen der vorhergehenden Anode.

Wenn man, wie seinerzeit vorgeschlagen wurde, R_a sehr groß macht, wird der Nenner der oben angegebenen Gleichung für W sehr klein, denn mit R_a wächst auch R_i, die Verstärkung wird also dementsprechend größer. Auf einen weiteren Vorteil der reinen Widerstandskopplung möchte ich noch hinweisen. In Abb. 4 sei I_{a1} der Anodenstrom, R_{a1} der Anodenwiderstand der ersten Röhre; entsprechend seien I_{a2} und R_{a2} der Strom und ein Widerstand im Anodenkreis der zweiten Röhre. E_{g1v} sei eine dem Gitter I aufgedrückte Gleichspannung, E_{g2} die am Gitter II wirksame Spannung. Dann ist:

$$E_{g1} = E_{g1v} - E_{g1r}\text{ }^{3)} \quad \text{(a)}$$
$$E_{g2} = E_{g2v} - I_{a1} \cdot R_{a1} \quad \text{(b)}$$
$$E_{g1r} = - I_{a2} \cdot R_{a2}. \quad \text{(c)}$$

Wird E_{g1v} erhöht, so steigt auch E_{g1} (Gleichung a), es nimmt also auch I_{a1} zu, E_{g2} sinkt (nach Gleichung b), und damit auch I_{a2}. Durch Erhöhung der Spannung E_{g1v} am Eingang sinkt am Ausgang der Strom, die Anordnung verhält sich also wie eine Röhre mit negativer Charakteristik,

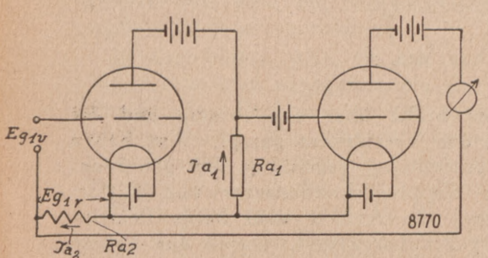


Abb. 4.

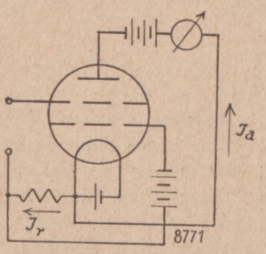


Abb. 5.

die, wie die statische Kennlinie einer einzelnen Röhre, mit Gleichstrom aufgenommen werden kann.

Der Widerstand R_{a2}, der bisher unberücksichtigt geblieben war, stellt eine Rückkopplung dar. Verfolgen wir den Stromlauf in Zeichnung 4 weiter: bei einem Sinken von I_{a2} steigt (nach Gleichung c) E_{g1r} und unterstützt somit die angelegte Spannung E_{g1v}. Man hat es also durch Verändern von R_{a2} in der Hand, die Rückkopplung und Steilheit der Anordnung bis zu einem gewissen Grade zu variieren. Wie groß R_{a2} werden darf, ohne daß die Schaltung unstabil wird, kann rechnerisch und graphisch aus den Daten der dazu verwandten Röhren ermittelt werden. Ich möchte hier nicht näher darauf eingehen und verweise nochmals auf die obengenannte Arbeit von Schierl.

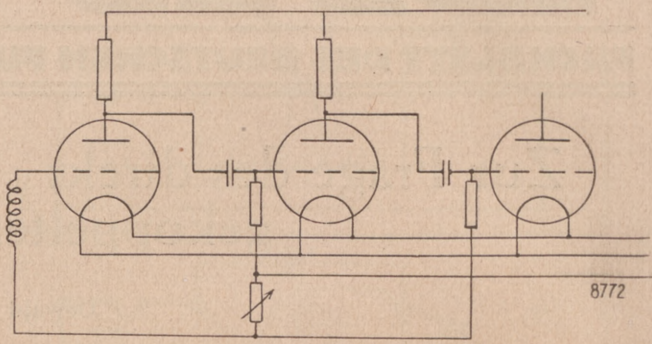


Abb. 6.

Es ist bei dieser Schaltung also möglich, eine von der Frequenz unabhängige Rückkopplung durch rein Ohmsche Widerstände bei einem Verstärker mit nur zwei Röhren zu erreichen. Auch bei den Röhren mit Raumladegitter ist die Gleichstromrückkopplung herstellbar. Ich füge in Abb. 5 eine von Schierl angegebene Schaltung bei, die wohl ohne weiteres verständlich sein dürfte, wenn man bedenkt, daß durch Sinken der Steuergitterspannung I_a sinkt und I_R steigt.

Die frequenzunabhängige Rückkopplung durch Ohmsche Widerstände ist kein spezifischer Vorteil der Gleichstromverstärker; man kann auch beim kapazitätsgekoppelten Verstärker eine genügend frequenzunabhängige Ohmsche Rückkopplung erreichen, wenn man nur zwei gleichphasige Gitter- oder Anodenleitungen miteinander verbindet; zu diesem Zweck muß man allerdings immer eine Verstärkerstufe überspringen, braucht also mindestens drei Stufen hierzu. Abb. 6 gibt für eine derartige Schaltung ein Beispiel.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß der Hauptvorteil der reinen Widerstandskopplung wohl in der gleichzeitigen Verwendbarkeit für die Verstärkung von Gleich- und Wechselströmen zu suchen ist. In bezug auf die höchsten Hochfrequenzen erscheint sie dem Verstärker mit Kapazitäts-Widerstands-Kopplung sogar unterlegen. Auch läßt sich die übliche Kapazitätskopplung so dimensionieren, daß die tieferen Frequenzen bis zur unteren Hörgrenze vollständig ausreichend übertragen werden. Mit normalen Lautsprechern und Kopfhörern, die doch bestenfalls nur einen Bereich von 100 bis 5000 Hz wiedergeben, lassen sich derartige Schaltungen wohl kaum prüfen. Ich benutze über ein Jahr einen auf großen Frequenzumfang berechneten widerstands-kapazitäts-gekoppelten Verstärker zum Betrieb eines elektrodynamischen Lautsprechers und erreiche mit dieser Anlage eine einwandfreie Übertragung aller Frequenzen vom tiefsten Orgelton bis zu den höchsten Flageolett-tönen der Geige. Die frequenzunabhängige galvanische Rückkopplung der Tonfrequenz ist kein spezifischer Vorteil der Gleichstromkopplung; bei dieser läßt sich der gewünschte Effekt zwar mit einem geringeren Aufwand erreichen als bei der üblichen Anordnung, dafür liegt aber das Maximum der Röhrenausnutzung in der damals angegebenen Netzempfängerschaltung bei nur zwei Röhren. Die Zuschaltung einer weiteren Verstärkerstufe würde die Unterteilung der Anodenspannung der Endröhre nötig machen, deren Leistung dadurch merklich herabgesetzt würde. Bei der allgemein üblichen Schaltung hat man dagegen die Wahl aller Anodenspannungen frei und kann daher für jede Röhre die günstigsten Betriebsbedingungen einstellen.

[2] Über Verstärkung und Frequenzbereich vgl. auch Banneitz, „Taschenbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie".

[3] Vgl. F. Schierl, Archiv für Elektrotechnik, Jahrg. 28, Heft 14.

Lautsprecherempfang ohne Niederfrequenzverstärkung am Superhet

Ein Hochleistungs-Lautsprecher-Audion. — Der Nachweis einer Übersteuerung.

Von

Dr. F. A. Lentze.

II.

Im vorigen Abschnitt[1]) wurde gezeigt, welche Höhe bei einem Superhet die vom Verstärker dem zweiten Gleichrichter zugeführten Wechselspannungen erreichen. Bereits bei oberflächlicher Betrachtung geht aus diesen Zahlen hervor, daß das Problem ihrer Verarbeitung, d. h. ihrer restlosen Gleichrichtung, keine leicht zu lösende Aufgabe darstellt. Es ist klar, daß diese Energien mit den üblichen Mitteln nicht völlig ausgenutzt werden können, vor allem nicht mittels der Gitterstrom-Gleichrichtungsschaltung. Bei Benutzung eines derartigen klassischen Audions muß zu einem sehr frühen Zeitpunkt Übersteuerung des Gleichrichters eintreten und damit eine weitere Leistungssteigerung des davorliegenden Hochfrequenzverstärkers in der Endlautstärke nicht mehr zum Ausdruck kommen können. Man erhält dann scheinbar gleiche Resultate, wenn man mit zwei und drei Stufen Zwischenfrequenz arbeitet, weil eben nur diejenige von zweien völlig ausgenutzt werden kann. Mißt man daher die Leistung derartiger Kaskaden am Gitteraudion-Anodenstrom, wie es Vilbig angegeben hat (im Sinne des Röhrenvoltmeters nach Moulin), so muß man zu dem irrigen Ergebnis kommen, daß die Hinzufügung einer dritten Zwischenfrequenzstufe keine nennenswerte Leistungssteigerung mehr bewirkt, und dieses vor allem wieder dann, wenn man, wie er, einen Großsender als Testobjekt wählt. Abgesehen von den im vorigen Abschnitt behandelten Fehlerquellen (Übersteuerung der letzten Zwischenfrequenzstufe usw.) kann das übersteuerte Audion das Ansteigen der Gesamtleistung im Anodenstrom nicht mehr anzeigen und ein Abknicken der Leistungskurven ist die Folge. Wird jedoch ein sehr ferner Sender als Versuchsobjekt verwendet, so dürfte sich auch mit dieser Methode nachweisen lassen — wie es Vilbig auch andeutet —, daß die dritte Stufe nicht schlechter arbeitet.

Der Nachweis einer Übersteuerung des Audions ist im Betriebe sehr leicht möglich. Überschreiten die Amplituden der vom Zwischenfrequenzverstärker abgegebenen Hochfrequenzwechselspannungen einen gewissen Betrag, so wird der gesamte gerade Teil der Charakteristik des Gleichrichters bereits von der Trägerfrequenz ausgefüllt; die Modulation fällt entweder in das Gebiet, wo der Gitterstrom einsetzt (beim Richtverstärker) oder in den oberen Knick, wird also weitgehend geschwächt und verzerrt. Verstimmt man dann aber den Empfänger am Oszillator oder Rahmenkreis, so sinkt die Hochfrequenzamplitude ab, die Modulation rückt wieder auf den geraden Teil der Charakteristik und kommt laut zu Gehör. In diesem Fall ergeben sich daher für die starken Sender bei jeder der beiden Oszillatoreinstellungen (Überlagerung nach oben oder unten) je zwei mehr oder minder dicht nebeneinanderliegende Einstellungen, wo man den Sender laut und klar hört, während er dazwischen leise und gewissermaßen gepreßt klingt. Diese Doppeleinstellung rückt um so weiter auseinander, je mehr die Leistung des Zwischenfrequenzverstärkers gesteigert wird. Zugleich wird dabei ein Absinken der Selektivität vorgetäuscht. Wechselt man dann aber die Gleichrichterröhre gegen eine Hochleistungsröhre (siehe unten) aus, so verschwindet diese Doppeleinstellung, womit sich beweisen läßt, daß sie auf dem beschriebenen Wege entstanden war.

[1]) Vgl. die Ausführungen von Dr. Lentze in Heft 5, Seite 69 des „Funk-Bastler".

Wie kann nun der Gleichrichter diesen hohen Wechselspannungen angepaßt werden?

Es ist selbstverständlich, daß hierfür allein die Richtverstärkerschaltung in Frage kommt. Bei geringen Empfangsenergien ist sie dem klassischen Audion in Gittergleichrichtungsschaltung unterlegen und sollte deshalb beim Ausbalanzieren eines neuen Empfängers provisorisch in diese umgeändert werden. Außerdem hat erstere den großen Nachteil vor der letzteren voraus, daß sie die Selbsterregung des Empfängers fördert[2]), so daß sie wiederum erst im entkoppelten und neutralisierten Superhet die geeignetesten Bedingungen vorfindet.

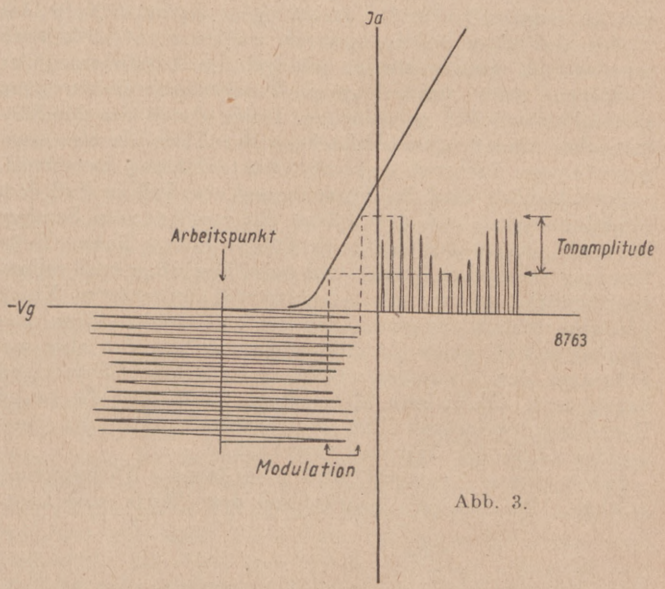


Abb. 3.

Die erste Einstellung der erforderlichen Gittervorspannung erfolgt ohne Schwierigkeit während des Empfanges eines fernen Senders. Da die Größe der abgegebenen Leistung von der Steilheit der Kennlinie abhängt, hat die Wahl der Röhre in diesem Sinne zu erfolgen. Für geringe Empfangsenergien ist z. B. die Röhre Valvo A 408 besonders geeignet. Die Anodenspannung ist im Gegensatz zu dem Gitterstrom-Gleichrichtungs-Audion so hoch wie möglich zu wählen. Für die im vorliegenden Falle gleichzurichtenden, sehr hohen Hochfrequenz-Wechselspannungen starker Sender sind diese oder ähnliche Röhren natürlich viel zu schwach, vor allem unter den genannten Betriebsbedingungen, wenn der Arbeitspunkt an den unteren Knick der Charakteristik verlegt wird.

Durch einen kleinen Kunstgriff lassen sich diese Röhren auch höheren Wechselspannungen anpassen. Liegt der Arbeitspunkt am unteren Knick der Kennlinie und treffen dann Wechselspannungen mit großer Amplitude das Gitter, so liegen deren Scheitelwerte bereits jenseits des Arbeitsbereiches der Röhre. Ihre Schwankungen, also die Modulation, machen bei der heutigen vorsichtigen Aussteuerung der Sender meist nur einen recht geringen Bruchteil der Gesamthöhe aus, der sich unter den komplizierten Verhältnissen des hochselektiven Transponierungsempfängers noch

[2]) Diesen Punkt hat der Verfasser bei seinen Ausführungen in Heft 29 des „Funk-Bastler", Jahr 1928, S. 442, übersehen.

weiter verringern dürfte. Da es andererseits beim Telephonie-Empfang nur auf diesen modulierten Bezirk der Wechselspannungen ankommt, braucht nur dieser, und nicht die volle Amplitude, in den Arbeitsbereich zu fallen. Dieses läßt sich durch weitere Verschiebung des Arbeitspunktes über den Kennlinienbereich hinaus ins negative Gebiet erreichen (Abb. 3). In der Tat ergibt dieser Weg die Verwertung größerer Wechselspannungen mit dementsprechend höheren Modulationswerten und damit wesentlich höhere Lautstärken. Obwohl die Gleichrichtung der einzelnen Amplituden dann unter verschiedenen Bedingungen vor sich geht, indem im unteren Knick quadratische und auf dem geradlinigen Teil lineare Verhältnisse vorliegen, können Verzerrungen dann vermieden werden, wenn wir auf dem genannten Wege mittels Variieren der Vorspannung das modulierte Gebiet innerhalb des geradlinigen Gebietes halten. Der unmodulierte Anteil der Trägerfrequenz-Amplituden kommt — ob quadratisch oder linear gleichgerichtet — auf der Anodenseite lediglich in der Höhe des Gleichstromwertes zum Ausdruck, beeinflußt aber die niederfrequente Ton-Amplitude nicht und kann deshalb teils in die Krümmung verlegt und teils auch völlig unterdrückt werden (Abb. 3). Im übrigen ergibt sich in der Praxis, daß diese Bedingungen bei weitem nicht so kritisch innegehalten werden müssen wie bei der Aussteuerung der Endröhre eines Niederfrequenz-Verstärkers, indem eine Überschreitung des geradlinigen Teiles durch die Modulation eher eine gewisse Abflachung der Töne als eine ausgesprochene Verzerrung durch Obertonbildung hervorruft.

Beim Betrieb wird die Vorspannung von Fall zu Fall dem Modulationsgrad und der Stärke des empfangenen Senders angepaßt, wobei das Gehör als Führer dienen kann. Beim Empfang schwacher Sender und beim Einstellen muß selbstverständlich der normale Arbeitspunkt am unteren Knick wiederhergestellt werden. Am leichtesten ist diese Bedienung mittels eines Potentiometers möglich, das aber zur Schonung der Vorspannbatterie einen großen Widerstand haben muß. Da ja kein Strom fließt, lassen sich die neuen Hochohmpotentiometer für Netzanschlußgeräte gut verwenden (z. B. der Typ von 15 000 Ohm).

Durch diesen Kunstgriff wird eine gewisse Verbesserung erreicht. Der nächste Schritt auf dem Wege zum Lautsprecherempfang wäre die Verwendung einer stärkeren Röhre (Valvo L 414, Ultra Orchestron usw.). Auch derartige Röhren sind in der normalen Schaltung der vorliegenden Aufgabe nicht gewachsen; vor allem aber steigt bei ihrer Benutzung die Schwingneigung des ganzen Empfängers derartig an, daß die Endleistung merklich absinkt. Einen wesentlichen Fortschritt konnte der Verfasser auf diesem Wege nicht erzielen. Ein solcher gelang erst durch Anwendung einer G e g e n t a k t - S c h a l t u n g.

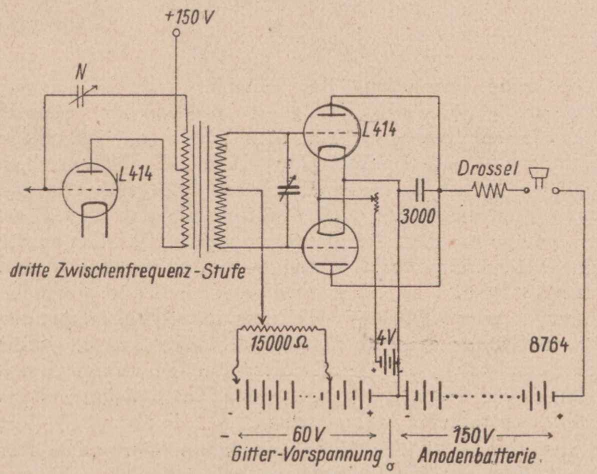


Abb. 4. Gegentakt-Gleichrichter für maximale Leistung.

Bei einer derartigen Anordnung wird der Anschluß der Kathode an den Mittelpunkt der Gitterspule gelegt, so daß die an ihren Enden auftretenden Spannungen für jede der beiden Röhren auf die Hälfte gegenüber der normalen Anordnung verringert werden[3]), was bei der Verarbeitung der genannten hohen Wechselspannungen bereits einen grundlegenden Vorteil bedeutet. Schaltungen dieser Art sind mehrfach beschrieben worden[4]); sie verwenden aber alle die Gittergleichrichtung, wobei vor jeder Röhre ein eigener Blockkondensator mit Ableitungswiderstand liegen muß, welch letzterer mindestens für eine Stufe variabel sein muß.

Bei seinen Versuchen wählte der Verfasser von vornherein die Anodengleichrichtung. Zur Ankoppelung des Gleichrichters an den Verstärker wurde eine Spezialausführung der Radix-Transformer verwendet, die von der herstellenden Firma auf Wunsch außer mit dem Neutralisationsabgriff der Primärseite mit einem Mittelabgriff der Sekundärwickelung versehen worden war. Die Einzelheiten ergeben sich aus Abb. 4. Ein Punkt ist lediglich näher zu erläutern.

Stets fand der Verfasser bei derartigen Schaltungen auf der Ausgangsseite zur Verbindung mit Telephon oder Niederfrequenz-Verstärker einen Transformator oder eine Drossel mit M i t t e l a b g r i f f angegeben, offenbar in Anlehnung an den bekannten normalen Niederfrequenz-Gegentakt-V e r s t ä r k e r. Bei einem G l e i c h r i c h t e r sind jedoch von vornherein andere Verhältnisse zu erwarten. Bei der Anodengleichrichtung werden die negativen Halbwellen unterdrückt; die betr. Röhre emittiert also nur dann, wenn eine positive Halbwelle ihr Gitter trifft, während der negativen liegt sie still. Da andererseits bei Gegentakt-Schaltung die beiden Enden der Gitterspule und damit die beiden Röhren in Gegenphase arbeiten, kann eine positive Halbwelle nur dann das Gitter der einzelnen Röhre erreichen, wenn auf der anderen Seite die negative liegt, d. h. es kann stest nur e i n e Röhre emittieren. Die Emissionsstöße der beiden Röhren greifen somit entsprechend Abb. 5 zeitlich gewissermaßen ineinander, indem jeweils der Stromstoß der einen Röhre in die emissionslose Zeit der anderen fällt. Während also der Anoden-Summenstrom eines Gegentakt-Verstärkers stets einen Gleichstrom bildet, liefert dieser Gegentakt-G l e i c h r i c h t e r einen pulsierenden Gleichstrom. Somit können die beiden Anoden unbedenklich galvanisch verbunden werden unter Fortfall eines teueren Spezial-Ausgangstransformators mit Mittelabgriff! Die Hochfrequenz wird vom Verbindungspunkt der beiden Anodenleitungen durch einen Blockkondensator von 3000 cm zur Kathode abgeleitet, Telephon, Lautsprecher oder ein normaler Niederfrequenz-Transformator in die gemeinsame Anodenleitung gelegt.

Diese theoretischen Erwägungen wurden durch Versuche des Verfassers voll bestätigt: die Einschaltung eines Gegentakt-Ausgangstransformators mit Mittelabgriff (Körting, Anschütz) brachte keine Veränderung oder gar Verbesserung.

Ein w e s e n t l i c h e r V o r z u g dieses G e g e n t a k t - A u d i o n s ergab sich darin, daß dieser Gleichrichter die erwähnte erschreckende S c h w i n g n e i g u n g der normalen Richtverstärkerschaltung vollständig v e r l o r e n hat! Wird der Empfänger maximal geheizt zum Anschwingen gebracht und dann die zweite Röhre eingeschaltet, dann reißen die Schwingungen endgültig ab, sofern die beiden Röhren elektrisch gleichwertig sind. Aber auch Röhren mit nicht völlig abgeglichener Charakteristik lassen sich anscheinend durch verschiedene Beheizung der einen leicht ausgleichen, wozu ein kleiner Walzenwiderstand ver-

---

[3]) Vgl. auch Reppisch: Die Theorie der Gegentakt-Schaltung. „Funk-Bastler", Jahr 1926, Heft 7, S. 73.

[4]) v. Zeppelin: Störgeräuschbefreiung durch Doppelempfang. „Funk-Bastler" Jahr 1928, Heft 10, S. 147. Jones, L. R. An experimental Push-Pull Second Detektor Radio-News Jan. 1928, pag. 785.

wendet werden kann, den man zwischen den gemeinsamen Heizwiderstand der beiden Röhren und die Kathode der einen schaltet. Jedenfalls gaben zwei derartig abgepaßte Röhren-Paare der A 408 keine bessere Resultate als ein Paar mit abgeglichener Charakteristik.

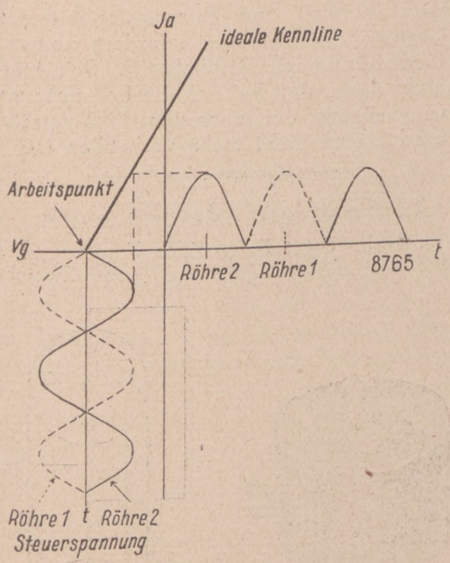


Abb. 5. Schematische Darstellung der Arbeitsweise eines Gegentakt-Anodengleichrichters. Die Kennlinie der beiden Röhren ist als ideal und gleich angenommen und ebenso wie die beiden Zeitlinien für die Röhren gemeinsam gezeichnet.

Diese ganz erheblich verringerte Schwingneigung dürfte diesen Gegentakt-Gleichrichter zur gegebenen Audion-Schaltung für maximal leistungsfähige, aber schwinglustige Hochfrequenzverstärker jeder Art (Schirmgitterröhren!) machen. Theoretisch vermag sie der Verfasser nicht restlos zu erklären. Vielleicht ist ihre Ursache zu einem kleinen Teil darin zu suchen, daß in dem Kathodenanschluß der Gitterspule keine Hochfrequenz mehr fließt und damit keine Rückkopplung mehr von ihr ausgehen kann. Werden gleiche Röhren verwendet, so neutralisieren sich ihre inneren Kapazitäten gegenseitig (im Sinne der Anordnung von Rice). Jedoch dürfte dieses nicht ausschlaggebend sein, da der Empfänger auch dann leicht zum Ausschwingen zu bringen ist, wenn die eine der beiden Lampen ausgelöscht wird, die Röhre selbst und damit ihre innere Kapazität aber in der Schaltung verbleibt. Erst dann, wenn die Heizung auch dieser Röhre eingeschaltet wird, reißen die Schwingungen schlagartig ab.

Die Kontrolle der Aussteuerung des Gleichrichters mittels eines in die Anodenleitung gelegten Milliamperemeters ist unter Beachtung gewisser Gesichtspunkte möglich. Wird zunächst der normale Einröhrenanodengleichrichter verwendet, dann zeigt dieses Instrument nicht, wie zunächst zu erwarten, den galvanometrischen Mittelwert $\frac{2}{\pi}$ der tatsächlich auftretenden Stromstöße, sondern nur dessen Hälfte an, weil ja auf eine Halbwelle stets eine emissionslose Pause gleicher Länge folgt. Der Scheitel der Amplituden ist also mindestens dreimal höher und die Röhre schon dann übersteuert, wenn dem Meßinstrument nach ein verhältnismäßig geringer Anodenstrom fließt. Wird dagegen der beschriebene Gegentakt-Gleichrichter verwendet, so füllt der Stromstoß der zweiten Röhre jeweils diese Pause aus, so daß ein Meßinstrument nunmehr den vollen galvanometrischen Mittelwert anzeigt. Beim Einschalten der zweiten Röhre schlägt es deshalb entsprechend aus. Gleichzeitig nimmt der Empfang bei überraschender Reinheit einen objektiv natürlich nicht bestimmbaren, subjektiv aber deutlich volleren Klang an.

Um Mißverständnissen vorzubeugen, sei zusammenfassend ausdrücklich betont, daß ein solcher Gegentakt-Gleichrichter bei gegebener Hochfrequenzverstärkung keine höhere Lautstärke erzielen kann als eine einzelne Röhre, sofern diese nicht übersteuert ist. Er gestattet lediglich die Gleichrichtung wesentlich höherer Hochfrequenz-Amplituden und gibt deshalb dann — und nur dann! — eine sehr merklich höhere Leistung ab, wenn der Hochfrequenzverstärker seinerseits Wechselspannungen zu liefern in der Lage ist, denen ein einfacher Gleichrichter nicht mehr gewachsen ist.

Werden in dieser Gegentakt-Schaltung sehr starke Röhren verwendet, dann ist bereits die Gleichrichtung erheblicher Energien möglich. Weiterhin gelang es dann dem Verfasser durch Anwendung des oben beschriebenen Kunstgriffes (Verschiebung des Arbeitspunktes über den Kennlinienbereich hinaus ins negative Gebiet) die Leistungsfähigkeit noch weiter zu steigern und damit einen überraschend kräftigen Lautsprecherbetrieb ohne zusätzliche Niederfrequenzverstärkung lediglich durch Hochfrequenzverstärkung zu erzielen. Er genügte schließlich für ein mittelgroßes Zimmer vollkommen und ist auch im Nebenzimmer bei geschlossener Zwischentür gut in den Piano-Stellen hörbar. Wurde zur Messung der Tonfrequenz-Wechselstromleistung mittels eines Ahemo-Ausgangstransformators ein Milliamperemeter sowie zur Gleichrichtung mit ihm in Serie ein normaler Detektor geschaltet, dann ergab sich ein Gleichstrom von max. 1,5 mA in diesem Meßkreise.

Die Qualität der Wiedergabe in einem guten Lautsprecher überrascht. Besonders fällt die völlige Naturtreue auf, die dadurch entscheidend unterstützt wird, daß die starken lokalen Störungen, welche sich bekanntlich bei Niederfrequenzverstärkung hell knallend vorzudrängen pflegen, auffallend zurücktreten und in dumpferer Klangfarbe gewissermaßen puffend hörbar werden. Es gilt dieses nach meinen Erfahrungen vor allem für die Benutzung eines Telefunken-Lautsprechers „Arcophon". Erfahrungsgemäß läßt sich schon bei mäßig starken Störungen dieses gerade gegen höhere Tonfrequenzen besonders empfindliche Instrument am Niederfrequenzverstärker ohne die vorgesehenen Parallel-Kondensatoren nicht betreiben, während hier auch wesentlich kräftigere Störungen noch keinesfalls als lästig empfunden werden. Diese Vorzüge sind so schwerwiegend, daß sie ganz besonders hervorgehoben werden müssen.

Die genannten Ergebnisse wurden erzielt bei Verwendung zweier abgeglichenen Valvo L 414 und einer Gittervorspannung von — 40 bis — 60 Volt. Die dabei im Gitterkreise des Gleichrichters induzierten Hochfrequenzwechselspannungen wurden mittels der oben beschriebenen Einröhrenanordnung zu ± 150 bis 170 Volt ermittelt. Aber auch bereits bei — 80 Volt konnten befriedigende Lautstärken erreicht werden.

Beim Betriebe wird so vorgegangen, daß der Sender nach Einregulierung des Gleichrichters auf höchste Empfindlichkeit (Arbeitspunkt am unteren Knick, bei Valvo L 414, also etwa — 25 Volt Gittervorspannung bei 150 Volt Anodenspannung) abgestimmt wird. Dann bringt man den Zwischenfrequenzverstärker durch Bedienung der Heizung und seines Potentiometers auf höchste Leistung und erhöht nun mittels des zugeordneten Hochohm-Potentiometers die Gittervorspannung des Gleichrichters, bis die Wiedergabe im Lautsprecher bei voller Reinheit die höchste Lautstärke erreicht hat. Legt man zur Kontrolle ein Milliamperemeter in die Lautsprecherleitung, so ist außer den bereits erwähnten Gesichtspunkten zu beachten, daß bei Erhöhung der Vorspannung entsprechend Abb. 3 trotz maximaler Hochfrequenzamplituden der Gleichstromwert absinkt (vergleiche den Flächeninhalt der gewissermaßen abgeschnittenen Zacken in Abb. 3). **Das Meßinstrument stellt sich demnach**

auf einen verhältnismäßig sehr niedrigen Wert ein, obwohl die Scheitelwerte der Amplituden bereits den Arbeitsbereich überschreiten können. Bei der angegebenen Röhrenkombination ergab sich dementsprechend dann eine optimale Wiedergabe, wenn ein solches Instrument 3 bis 4 mA anzeigt.

Soll mit Kopfhörer empfangen werden, so kann selbstverständlich die Hochfrequenzverstärkung auf zahlreichen Wegen soweit wie erwünscht herabgesetzt werden. Durch Verringerung der Heizung des Gleichrichters ist dessen Arbeitsbereich außerdem so weit einzuengen, daß er gerade die im Telephon gewünschte Lautstärke verarbeitet, damit die Störungen nicht lauter werden können als die eingestellte Station. Ferner kann dann aus Ersparnisgründen eine der beiden Gleichrichterröhren mittels eines zu diesem Zweck vorgesehenen Schalters ausgelöscht werden.

Ein solcher Empfänger dürfte den Wünschen des Bastlers in hervorragendem Maße entsprechen: er gestattet den Empfang der Großsender im Lautsprecher bei ausreichender Stärke in nicht zu überbietender Naturtreue; soll Empfangs-Sport getrieben werden im Aufsuchen fernster Sender, so wird man sowieso zum Kopfhörer greifen und kann dann mühelos den Störungsspiegel und damit die Grenze des Möglichen erreichen.

Ziehen wir nunmehr vom wirtschaftlichen Gesichtspunkte aus die Bilanz dieses Hochfrequenz-Lautsprecherempfanges im Vergleich zu der Benutzung eines Niederfrequenz-Gegentaktverstärkers, so brauchen wir auch im letzteren Falle (als Audion und Endröhren) im ganzen drei Kraftverstärkerröhren, sparen andererseits in der ersteren Empfangsanordnung eine Hochfrequenzverstärkerröhre und die ganze nicht billige Niederfrequenzverstärker-Anordnung (Transformatoren!). Diesem Plus steht als Minus der Bedarf einer großen 50 bis 60 Volt starken Vorspannbatterie für den Hochleistungs-Gleichrichter gegenüber, die allerdings bei Überbrückung durch ein Hochohm-Potentiometer nur schonend belastet wird.

Selbstverständlich ist die durch reine Hochfrequenzverstärkung erzielbare Lautstärke geringer, als wenn ein Niederfrequenz-Gegentaktverstärker mit den gleichen Endröhren verwendet wird. Sie findet ihre Grenze vor allem in der Leistungsfähigkeit der dritten Zwischenfrequenzröhre. Wir müssen uns ja vor Augen halten, daß wir zur Erzielung hoher Tonfrequenz- (= Modulations-) Amplituden als deren Träger vielfach höhere Wechselspannungen benötigen, so daß schon dadurch die überhaupt mögliche Lautstärke begrenzt bleiben muß, es sei denn, daß es gelingen sollte, den recht geringen Modulationsgrad der Ausgangsspannungen des Zwischenfrequenzverstärkers zu vergrößern.

Immerhin dürfte sich auf dem gezeichneten Wege beweisen lassen, wie hoch die Leistung eines guten Transponierungsempfängers auch ohne die Verwendung der vielgerühmten Schirmgitterröhren tatsächlich ist. Sie macht es verständlich, daß auch weniger weit ausnutzbare schwingende Superheterodyne-Empfänger noch gute Resultate liefern. Es ist eben die schönste Eigenschaft dieses elegantesten Hochfrequenzverstärkers, daß man ihn schaltungstechnisch verbauen kann wie man will, und er doch immer noch den Neuling durch seine Leistung an kleinsten Antennen überrascht. Er sichert dem Superhet einen bevorzugten Platz unter den konkurrierenden Schaltungen: trotz Neutrodyne, Schirmgitterröhre und aperiodischer Kaskade wird der entkoppelte Superhet bleiben was er ist: des Bastlers Stolz!

Zusammenfassung.

Bei sorgfältiger Vermeidung aller Verluste liefert ein Transponierungsempfänger bereits ohne Verwendung von Schirmgitterröhren sehr hohe Hochfrequenz-Wechselspannungen. Die Bestimmung ihrer Höhe wird besprochen. Das Optimum läßt sich nur dann erreichen, wenn in der dritten Zwischenfrequenzstufe eine sehr starke Röhre benutzt wird.

Die völlige Ausnutzung der Hochfrequenzverstärkung ist bei Verwendung eines Gegentakt-Gleichrichters und Verschiebung dessen Arbeitspunktes über den Kennlinienbereich ins negative Gebiet hinaus möglich. Es kann damit ein ausreichender Lautsprecherempfang ohne zusätzliche Niederfrequenzverstärkung erzielt werden, der sich durch hervorragende Reinheit und Störungsfreiheit auszeichnet.

Dieser Gegentaktgleichrichter erfordert keinen Spezial-Ausgangstransformator mit Mittelabgriff. Sein markantester Vorzug besteht darin, daß bei ihm die bekannte verhängnisvolle Schwingneigung der normalen Richtverstärkerschaltung mit einer Röhre nicht mehr vorhanden ist.

Umbau auf Netzheizung.

Für die einfache Umstellung eines Empfängers auf Netzheizung sind seit einiger Zeit praktische Zwischenstecker

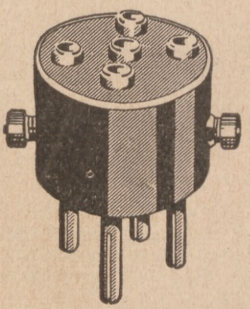


Abb. 1.

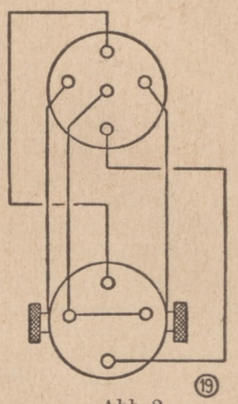


Abb. 2.

im Handel. Die Abb. 1 zeigt eine Ansicht, Abb. 2 das Schaltschema dieses Zwischensteckers. Er besitzt unten die vier Steckstifte, die in den Lampensockel des Empfängers passen, und oben die fünf Steckbuchsen zum Aufnehmen der Netzheizröhre. Außerdem sind noch seitlich zwei Schraubklemmen angebracht. Wie das Schema der Abb. 2 zeigt, werden durch Einsetzen des Steckers die bisherigen beiden Heizleitungen innerhalb des Empfängers kurzgeschlossen. Zu dieser Verbindung führt der Mittelstecker der Wechselstromröhre, also die emittierende Schicht. Da innerhalb jedes Empfängers die Minus-Anodenleitung mit der einen Heizleitung verbunden ist, ist nun — wie erforderlich — auch die emittierende Schicht an Minus-Anode gelegt.

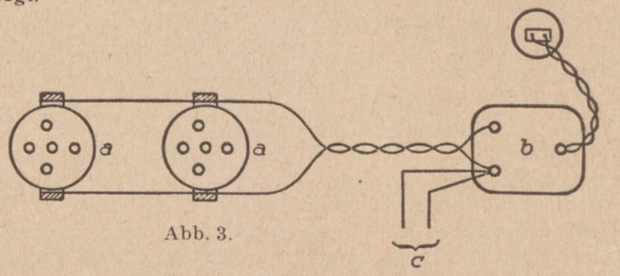


Abb. 3.

Die Heizanschlüsse der Wechselstromröhre führen zu den beiden Seitenklemmen. Hat man die Wechselstromröhren unter Benutzung des „BW"-Steckers in den Empfänger eingesetzt, so hat man nur noch folgendes zu tun: Man zieht einfach an den beiden Seitenklemmen, wie das Abb. 3 zeigt, unter Parallelschaltung der einzelnen Röhren, zwei neue Heizleitungen, die zum Netztransformator führen, und verbindet die (jetzt kurzgeschlossenen) beiden alten Heizleitungen c (also die sonst zum Akku geführten Apparatanschlüsse) gemeinsam mit dem einen Transformatorpol. Dabei werden als Leitungen längs der Zwischenstecker blanke oder mit Rüschrohr isolierte Kupferdrähte von 1,5 mm² Durchmesser benutzt, als Zuleitung zum Netztransformator dagegen gummiisolierte, verdrillte Starkstromlitze. Man achte darauf, daß nirgends eine Berührung von blanken Stellen der Heizleitung mit Empfängerteilen eintreten kann.

Das Wechselstromvorsatzgerät zum Gleichstromnetzempfänger

Von
Dipl.-Ing. W. Patzschke.

Die folgende Baubeschreibung gibt eine Anleitung, wie der im „Funk-Bastler", Jahr 1928, Heft 37, Seite 568, vom gleichen Verfasser beschriebene Gleichstrom-Netzanschlußempfänger in ein Wechselstromgerät umgewandelt werden kann. Die Anleitung kommt also für alle die Funkfreunde in Frage, die an Stelle des Gleichstromnetzes jetzt an ein Wechselstromnetz angeschlossen sind und sich auf diese neuen Stromverhältnisse einstellen müssen. Für jene, die sich jedoch ein vollkommen neues Gerät bauen wollen, kommen selbstverständlich nur Bauanleitungen für selbständige Wechselstrom-Netzanschlußempfänger in Frage.

Wird ein Gleichstromnetz auf Wechselstrom umgeschaltet, so entsteht für die angeschlossenen Besitzer von Gleich-

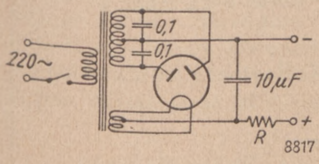


Abb. 1.

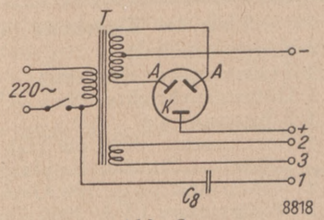


Abb. 2.

stromnetzempfängern die Frage, wie sie ihr Gerät einrichten, um es auch an dem nunmehr Wechselstrom führenden Netz betreiben zu können. Die Lösung muß selbstverständlich unter dem Gesichtspunkt erfolgen, möglichst wenig an der ursprünglichen Schaltung zu ändern und besonders die Röhren beibehalten zu können. Unter diesen Bedingungen lassen sich für den im Heft 37 des „Funk-Bastler" beschriebenen Netzempfänger zwei Lösungen angeben, die mit kleinen sinngemäßen Abänderungen auch für andere Empfängertypen verwendet werden können.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, das Gerät umzubauen. Das erste der hier beschriebenen Zusatzgeräte ist als vollkommener Ersatz des Gleichstromnetzes gedacht und bedingt daher gar keine Änderung an dem vorhandenen Netzempfänger. Es liefert gleichgerichteten Strom von ungefähr 0,15 Amp von 220 Volt Spannung. Dem Vorteil, das ursprüngliche Gerät ungeändert zu lassen, steht der allerdings nicht sehr ins Gewicht fallende Nachteil der Unwirtschaftlichkeit gegenüber; denn von dem erzeugten Gleichstrom von etwa 35 Watt werden tatsächlich nur 7,5 Watt gebraucht.

Bei dem zweiten Vorsatzgerät wird der Wirkungsgrad um fast 50 v. H. dadurch verbessert, daß von dem Gleichrichter nur ein Strom in der Größe des von der ersten Röhre benötigten Heizstromes (50 bis 60 mA) gleichgerichtet wird. Die zweite Röhre wird dann mit Wechselstrom direkt geheizt. Weitere Vorteile sind die Verwendung einer Glimmlichtgleichrichterröhre, die bessere Ausnutzung der Drosseln durch geringe Vormagnetisierung und die einfachere Bedienung. Als einziger Nachteil muß die geringfügige Änderung des Netzanschlußempfängers mit in Kauf genommen werden.

Die Schaltung des ersten Vorsatzgerätes gibt Abb. 1 wieder. Der Transformator liefert 2 × 0,9 Volt 2,1 Amp und 2 × 185 Volt max 0,225 Amp für die Doppelweggleichrichterröhre (Rectron R 220). Die Anodenstromwicklungen sind, wie üblich, mit je 0,1 µF-Kondensatoren überbrückt. Ferner liegt zwischen Mitte Heizwicklung (+) und Mitte Anodenwicklung (—) ein Kondensator von 10 µF. Der Gleichrichter liefert dann eine Spannung von etwa 200 bis 220 Volt, bei einer Stromentnahme von 150 mA. Um die für den Gleichstromnetzempfänger eventuell zu hohe Spannung zu drosseln, liegt ein Widerstand von 65 bis 70 Ohm (Heizwiderstand) in der positiven Leitung, der auch vorteilhaft eine Drossel gleicher Ohmzahl sein kann.

Wechselstrom und gleichgerichteter Strom müssen je durch einen Schalter angeschlossen werden, und zwar darf der Gleichstromkreis erst 20 bis 30 Sek. nach Anschalten des Netzes geschlossen werden. Auf diese Weise wird die Gleichrichterröhre erst dann belastet, wenn ihr Heizfaden glüht, wodurch die Lebensdauer der Röhre bedeutend vergrößert wird.

Bei der Ausführung der Schaltung ist darauf zu achten, daß die Leitungen möglichst kurz und die Zuführungen für die Heizung von nicht zu kleinem Querschnitt (mindestens 1 mm²) sind. Um den VDE-Vorschriften zu genügen, legt man in die beiden Anodenleitungen je eine Sicherung (0,3 bis 1 Amp). Über die übrige Ausführung des Gerätes wird am Schluß der zweiten Beschreibung noch Näheres gesagt werden.

Liste der Einzelteile für Gerät nach Abb. 1.

1 Kipphebelschalter;
1 Transformator Körting Nr. 31 332 (auf Wunsch auch für 110 oder 120 V ~);
1 Gleichrichterröhre, Rectron R 220;
1 Kondensator 2 × 0,1 µF;
1 Röhrensockel;
1 Kondensator, 10 µF;
1 Widerstand oder Drossel, 60 bis 70 Ohm;
1 Steckdose oder Gerätestecker;
1 Anschlußschnur mit Stecker.

Bei dem zweiten Vorsatzgerät wird der Wechselstrom durch eine Glimmlichtgleichrichterröhre in Zweiwegschaltung in Gleichstrom umgeformt. Die Schaltung hierzu ist in Abb. 2 dargestellt, bei deren Benutzung das Netzanschlußgerät, wie oben schon erwähnt, etwas abgeändert werden muß. Diese Abänderung geht aus Abb. 3 hervor.

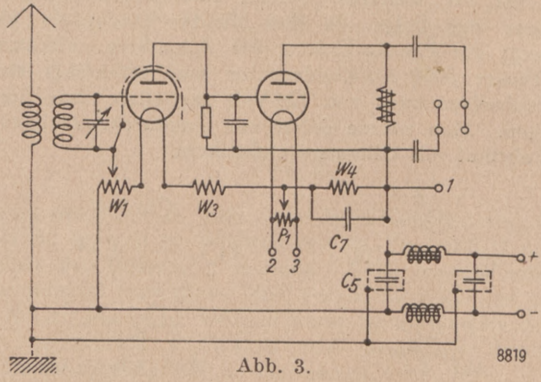


Abb. 3.

Der Nebenschluß (W_2 in Abb. 1, Heft 37 des „Funk-Bastler", Jahr 1928, Seite 568) zur ersten Röhre muß entfernt werden und die zweite Röhre wird direkt mit Wechselstrom geheizt. Der Anschluß der Widerstände W_3 und W_4 an die Kathode der letzten Röhre geschieht über ein Potentiometer P_1 von 20 bis 50 Ohm parallel zum Heizfaden, um genau den Spannungsmittelpunkt zu bekommen. Man könnte auch die Heizwicklung 2 + 3 der Abb. 2 mit einer Mittelpunktanzapfung versehen und an diese die Widerstände W_3 und W_4 legen. Da aber der Heizfaden durch

den verhältnismäßig hohen Anodenstrom der Endröhre unsymmetrisch belastet wird und die Mittelanzapfung des Transformators dann nicht auch dem Spannungsmittelpunkt des Heizfadens entspricht, ist die Verwendung eines Potentiometers günstiger, zumal es bei der geringen Wärmeträgheit einer gewöhnlichen Röhre sehr auf genaue Einregulierung ankommt, um den Netzton ganz verschwinden zu lassen.

Der Transformator T in Abb. 2 liefert 2 × 245 Volt Wechselstrom bei 70 mA Belastung, wobei dann die Gleichspannung am Kondensator C_5 230 Volt beträgt. Hierfür haben W_3 und W_4 700 bzw. 3000 Ohm Widerstand. Da W_4 fast 5 Watt aufnimmt, muß man ihn aus drei 1000 Ohm-Widerständen zusammensetzen, damit er nicht zu heiß wird. Er wird zur Verringerung seines Wechselstromwiderstandes mit einem 4 μF-Kondensator überbrückt. Der Transformator T besitzt außerdem eine Wicklung für die Heizung der Endröhre, die man sich durch Aufbringen einiger Windungen dicken Lackdrahtes (0,8 bis 1,0 mm Durchmesser) leicht selbst herstellen kann. Wenn man kein passendes Wechselstromvoltmeter für so niedrige Spannungen (3,5 bis 4 Volt) besitzt, kann man die richtige Dimensionierung der Heizwicklung leicht mit einer kleinen Taschenlampenbirne prüfen.

Unter Einhaltung der hier angegebenen Daten und unter Verwendung der Röhren RE 054 und RE 134 bekommt letztere eine Anodenspannung von ungefähr 185 Volt. Will man die Endröhre mit der höchstzulässigen Anodenspannung von 200 Volt betreiben, so muß man die vom Transformator abgegebene Wechselspannung und auch die Widerstände W_3 und W_4 entsprechend erhöhen:

T: 2 × 270 Volt Wechselstrom, $W_3 = 850$ Ohm, $W_4 = 3500$ Ohm. Die erste Röhre erhält dann eine Anodenspannung von 200 Volt, die sie aber ohne weiteres verträgt, weil im Anodenkreis ein Hochohmwiderstand von 10 Megohm liegt.

Da die Glimmlichtgleichrichterröhre kein vollkommener Gleichrichter ist und auch in der Sperrphase noch etwas Strom durchläßt, tritt hinter der Drosselkette eine kleine Wechselstromkomponente auf, die sich infolge der hohen Verstärkung im Lautsprecher als Brummen unangenehm bemerkbar machen würde. Man kann diesen Wechselstromrest kompensieren, indem man den Punkt 1 (Abb. 3) über einen Kondensator von ungefähr 3000 cm an einen Pol des Netzes legt. Diese einpolig-kapazitive Benutzung des Netzes hat als weiteren Vorteil eine Verbesserung des Empfanges zur Folge, da (bei Nichtvorhandensein einer Erdleitung) die Pseudo-Erdung des Apparates vollkommen wird. Dieser 3000 cm-Kondensator muß unbedingt sicher eine Wechselspannung von 220 Volt aushalten, ohne durchzuschlagen. Man nehme daher nur ein durchaus einwandfreies Fabrikat mit Glimmerdielektrikum.

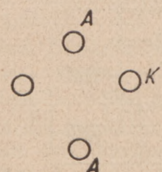


Abb. 4 a.

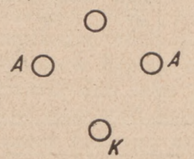


Abb. 4 b.

Sollte trotz dieser Maßnahmen noch ein leises aber trotzdem störendes Brummen auftreten, so ist das letzte Mittel zu seiner Beseitigung (abgesehen von einer Änderung der Drosselkette) die vollkommene Abschirmung der ersten Röhre. Da letztere eine sehr hohe Spannungsverstärkung bewirkt, ist sie in bezug auf statische Ladungen und elektrische Felder sehr empfindlich. Daher können geringe Streufelder vom Transformator o. ä. schon ein merkbares Brummen im Lautsprecher hervorrufen. Zur Vermeidung dieses Übelstandes beklebt man, wie schon erwähnt, die erste Röhre mit Stanniol oder umgibt sie auf andere Weise mit einem Metallmantel, den man mit dem Abgriff des Potentiometers W_1 (Abb. 3) verbindet.

Da bei den Glimmlichtgleichrichterröhren die Elektroden in anderer Weise als sonst üblich an die Steckerstifte angeschlossen sind, seien die Anschlüsse zweier bekannter Typen in Abb. 4 dargestellt. Bei der AEG-Raytheon G 132 (Abb. 4 a) liegen die beiden Anoden an den Stiften, die sonst mit Gitter und Anode in Verbindung stehen, während die Kathode an einen der beiden Heizstecker angeschlossen ist. Um Fehler beim Anschluß der Kathodenleitung von vornherein zu vermeiden, empfiehlt es sich, im Sockel die beiden Buchsen für die Heizung miteinander zu verbinden. Bei der Anotronröhre von Seibt (Abb. 4 b) liegen die beiden Anoden an den sonst zur Kathode führenden Stiften, die Kathode an dem sonst zur Anode führenden Stift. Beim zweiten Gerät ist die getrennte Anschaltung von Gleich- und Wechselstrom nicht erforderlich, da die Glimmlichtgleichrichterröhre keinen Heizfaden besitzt und selbst die Einschaltung unter Vollast ohne Schaden verträgt.

Liste der Einzelteile für Gerät nach Abb. 2.

1 Kipphebelschalter;
1 Transformator (Körting);
1 Glimmgleichrichterröhre AEG-Raytheon G 132;
1 Röhrensockel;
1 Kondensator, 3000 cm (C_8);
außerdem für den Empfänger:
1 Widerstand (W_3), 700 Ohm } Steatit-Magnesia
3 Widerstände (W_4), 1000 Ohm } (Dralowid);
1 Potentiometer (P_1), 20 bis 50 Ohm;
1 Kondensator (C_7), 2 bis 4 μF;
1 Anschlußschnur mit Stecker; diverse Buchsen und Steckerstifte.

Über die Ausführung der beiden Geräte sei prinzipiell noch einiges gesagt.

Nicht nur um den Vorschriften des VDE zu genügen, sondern vor allen Dingen der eigenen Sicherheit wegen verlege man die spannungführenden Drähte vollkommen berührungssicher und in Abständen von nicht weniger als 5 mm Luftstrecke. Wenn man das Vorsatzgerät in den vorhandenen Kasten nicht einbauen kann, geht man dabei am besten so vor, daß man an der Frontplatte des Zusatzgerätes ein Paneel (Abb. 5) befestigt, in das man den Topfsockel für die Gleichrichterröhre einläßt. Unter dem Paneel wird der Transformator befestigt und die Schaltdrähte verlegt, so daß nach dem Zusammenbau nur noch die Röhre hervorragt. Die Verbindung des Vorsatzgerätes mit dem Netz kann auf zweierlei Weise geschehen, und zwar einmal genau so wie beim Empfänger über Gerätesteckdose, Gerätestecker und Schnur mit Stecker. Diese Ausführung wird man wählen, wenn man den Gerätestecker gleichzeitig als Schalter benutzt. Etwas billiger wird es, wenn man einen einpoligen Schalter verwendet, wie er für Wechselstrom auch nur erforderlich ist. Hierfür eignen sich die kleinen Hebelschalter, wie sie heute von mehreren Firmen auf den Markt gebracht werden, sehr gut, da sie wirksame Momentschalter (nach beiden Richtungen!) sind. In diesem Fall verlegt man die Anschlußschnur fest im Innern des Vorsatzgerätes (man achte auf Zugentlastung der Gummiadern). Wenn man auch noch diesen Schalter sparen will, kann die An- und Abschaltung des Gerätes durch Einstecken und Herausziehen des Steckers der Anschlußschnur erfolgen.

Die Verbindung zwischen Vorsatzgerät und Empfänger muß so kurz wie irgendmöglich gemacht werden. Der VDE schreibt hierfür vor, daß die beiden Geräte mit ihren Seitenflächen aneinanderstoßen müssen, die Verbindung also mit eingebauten Steckern und Buchsen zu erfolgen hat. Dabei sind die Buchsen spannungführend und verdeckt. Der Empfänger erhält demnach Steckerstifte.

Will man den Empfänger abwechselnd einmal an einem Gleichstrom- und dann an einem Wechselstromnetz betreiben, so kann man nur die erste Form des Vorsatzgleichrichters wählen. Man baut ihn in einen kleinen Kasten ein und führt die Klemmen + und — (Abb. 1) an eine Steckdose oder besser an einen festmontierten Gerätestecker an der Außenwand des Kastens. Das Empfangsgerät wird also

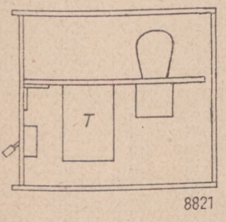


Abb. 5.

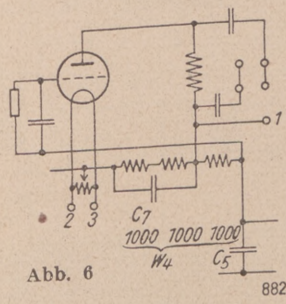


Abb. 6

bei Gleichstrom direkt an eine Netzsteckdose angeschlossen, während es bei Wechselstrom entweder über die Steckerschnur mit der Steckdose des Vorsatzgleichrichters oder mit diesem durch Zusammenstecken der beiden Apparate verbunden wird.

Das Vorsatzgerät ist bisher unter dem Gesichtspunkt behandelt worden, daß der Gleichstromempfänger für 220 Volt eingerichtet war. Das ist nun nicht immer der Fall. Es gibt noch eine ganze Reihe von Städten, in denen die Gleichstromnetzspannung 110 Volt beträgt (z. B. Hamburg und München). Für solche Empfänger lassen sich die Daten der beiden Vorsatzgleichrichter selbstverständlich sinngemäß ändern (für das erste Gerät Transformator sekundär etwa 2 × 100 Volt Wechselstrom). Doch ist die Konstruktion solcher Vorsatzgeräte nicht anzuraten, da die Entwicklung im Röhrenbau dahin geht, immer höhere Anodenspannungen zu verwenden. Denn erst bei diesen können die immer weiter gehenden Ansprüche an die Endröhren erfüllt werden. Es ist demnach vorteilhafter, das Vorsatzgerät so einzurichten, daß man nach der Außerbetriebsetzung der alten Röhre eine moderne für höhere Anodenspannung verwenden kann.

Diese Forderung läßt sich bei der Schaltung des Vorsatzgleichrichters nach Abb. 3 verwirklichen. Solange die alte Röhre verwendet wird, greift man an dem Widerstand W_4 die höchstzulässige Anodenspannung ab. Dieser Teil der Schaltung nimmt dann die in Abb. 6 dargestellte Gestalt an. Die Endröhre bekommt jetzt etwa 100 bis 120 Volt Anodenspannung, die sich bei weitergehender Unterteilung des Widerstandes W_4 auch noch bis auf 150 Volt erhöhen läßt. Das ist die höchstzulässige Anodenspannung für die früher genannte Valvo L 415.

Störungsverminderung beim Ortsempfang

Von
Dipl.-Ing Herbert Katz.

Während man beim Fernempfänger den größten Wert auf Reichweite, Selektivität und Tonreinheit legt, pflegt man beim Ortsempfänger nur auf Lautstärke und Reinheit zu achten. Die Selektivität wird meistens als weniger wichtig vernachlässigt mit der Begründung, bei der geringen Reichweite des Empfängers käme eine Störung durch andere Sender nicht in Frage. Man findet daher oft, daß die Verstärkung eines Ortsempfängers, der z. B. auf Welle 475 m abgestimmt ist, durch eine Kurve nach Abb. 1 dargestellt wird. Nehmen wir an, der Apparat verstärke die Welle 475 hundertfach, so wird nach dieser Kurve eine ankommende Schwingung auf Welle 400 m noch etwa 70fach verstärkt.

Die Störungen durch Motoren, Klingeln, Straßenbahn usw. bedecken gewöhnlich mehrere Wellenbänder, aber nicht immer den ganzen Rundfunkbereich gleichmäßig. Mit einem selektiven Empfänger ist es bisweilen möglich, auf der Wellenskala Stellen zu finden, an denen irgendein Störer

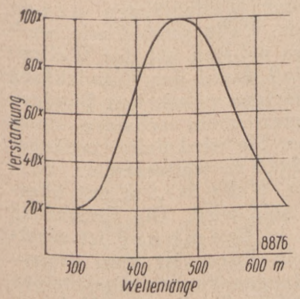


Abb. 1.

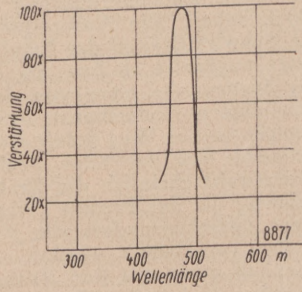


Abb. 2.

sehr deutlich und andere Stellen, an denen er schwach oder gar nicht zu hören ist. Haben wir nun einen Empfänger mit der Resonanzkurve nach Abb. 1, so werden alle Störschwingungen auf den Wellen 350 bis 600 m unnötigerweise kräftig mitverstärkt, bei einem selektiven Empfänger dagegen, der eine Abstimmkurve etwa wie Abb. 2 hat, wird der Rundfunksender aus den Störungen besser herauskommen, da in diesem Falle nur die Störungen zwischen 450 und 500 m verstärkt werden. Aus diesem

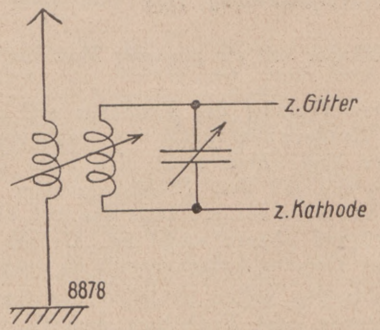


Abb. 3.

Grunde empfiehlt es sich, auch beim Ortsempfang die Selektivität so weit zu erhöhen, wie es Tonreinheit und Einfachheit der Bedienung zulassen. Beim Neubau eines Gerätes erreicht man dieses Ziel durch die allgemein bekannten Mittel; bei einem fertigen Gerät ist durch gute Antenne, gute verlustfreie Erdleitung und besonders durch lose Antennenkopplung viel zu verbessern.

Liefert der Empfänger eine größere Lautstärke als erwünscht ist, so ist es vielfach üblich, den Empfänger zu verstimmen. Der Weg ist jedoch unvorteilhaft, wenn man unter Störungen zu leiden hat. Als Beispiel diene eine Schaltung nach Abb. 3 (Widerstandsverstärker), wie sie bei sehr vielen Empfängern angewendet ist. Mit einer so geschalteten Niederfrequenz-Mehrfachröhre gelang es z. B. in Schöneberg, während der Berliner Sender schwieg, die Sender Gleiwitz, Kattowitz, Prag, Wien, Budapest gleichzeitig zu hören. Der Empfänger war dazu durch besondere Mittel und ganz feste Spulenkopplung möglichst unselektiv

gemacht, so daß er einen Wellenbereich von etwa 200 m verstärkte, und das an einen Jahrmarkt erinnernde Durcheinander hervorbrachte. Wurde jetzt die Spulenkopplung loser gemacht, so war es möglich, jeden Sender einzeln aufzunehmen, ohne von den anderen etwas zu hören. Der Apparat hatte also im ersten Fall eine Resonanzkurve ähnlich Abb. 1, im zweiten Fall ähnlich Abb. 2. Angenommen, ein beliebiger Empfänger mit der Eingangsschaltung nach Abb. 3 liefere seine größte Lautstärke, die Spulenkopplung sei also ganz fest und der Drehkondensator auf Welle 475 m eingestellt. Um den Empfang abzuschwächen, dreht man nun den Drehkondensator ein Stück weiter. Das bedeutet, daß sich die Kurve seitwärts verschiebt, Abb. 4, das Maximum liegt z. B. bei Welle 550 m. Der Sender auf Welle 475 m wird nun allerdings nur noch siebzigfach verstärkt, aber Störwellen um 550 m herum werden bedeutend kräftiger wiedergegeben und können so die Lautstärke des Senders auf 475 m erreichen oder sogar übertreffen.

Ein zweiter Weg, bei einer derartigen Schaltung die Lautstärke zu verringern, ist der, daß man den Drehkondensator unverändert läßt und die Spulenkopplung lockert. Die Kurve wird dadurch niedriger und spitzer, das bedeutet, der Empfang wird leiser und der Empfänger selektiver. Meistens verschiebt sich dabei das Maximum etwas nach rechts oder links. In Abb. 5 zeigt Kurve 2 den Fall, daß die Spulen um ein Stück voneinander entfernt sind, Kurve 3 den, daß die Entfernung noch größer gemacht ist. So wird zwar der Empfang des Senders und der Störungen geschwächt, der Sender jedoch mehr als die Störungen, weil das Maximum nicht mehr bei 475 m liegt.

Die dritte Möglichkeit setzt sich aus den beiden vorigen zusammen. Die Kopplung wird gelockert und die Verschiebung der Kurve durch Verstellen des Kondensators ausgeglichen, so daß das Maximum immer über 475 m bleibt. Jetzt werden die Störungen mit Ausnahme einer vielleicht vorhandenen Störwelle von 475 m mehr abgeschwächt als der Sender, weil die Kurve schmaler, der Empfänger selektiver wird.

Zur Störungsverminderung sind also zwei Punkte zu beachten:

1. Der Empfänger soll ein gewisses Maß von Selektivität besitzen.
2. Eine Abschwächung des Empfangs soll so erfolgen, daß die Senderwelle immer im Maximum der Resonanzkurve liegt. Man stellt also beim Losermachen der Kopplung mit dem Drehkondensator immer die größte Lautstärke ein und setzt das fort, bis der Empfang genügend abgeschwächt ist. Gelingt dies nicht, so ist eine kleinere Antennenspule zu nehmen.

Alle Betrachtungen gelten natürlich nur für Störungen, die durch Antenne oder Erdleitung dem Gerät zugeführt

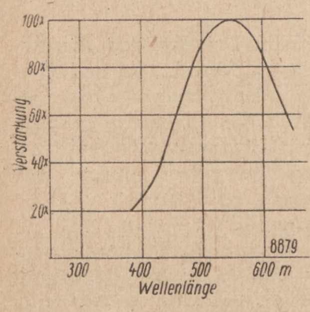


Abb. 4.

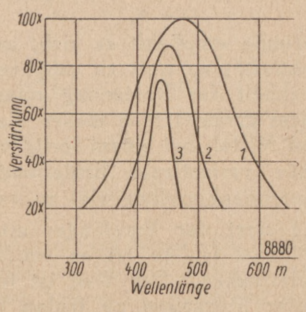


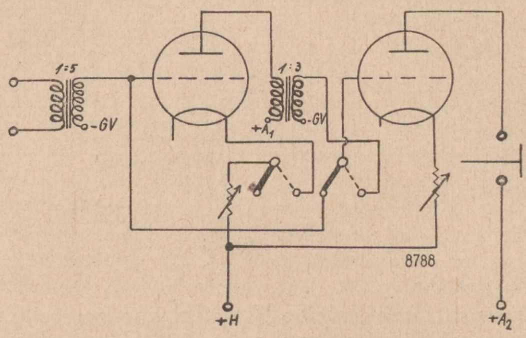
Abb. 5.

werden. Was noch an Geräusch zu hören ist, wenn die Antennenspule herausgezogen ist oder Antennen- oder Erdanschluß entfernt sind, entsteht im Gerät, den Batterien, dem Netzanschluß oder wird durch benachbarte Leitungen in den Apparat hineingebracht und von diesem direkt kapazitiv oder induktiv aufgenommen und kann durch die angegebenen Mittel nicht beseitigt werden.

Praktische Umschaltvorrichtung.

Für einen Zweifach-Niederfrequenzverstärker.

Durch die in Heft 52 des „Funk-Bastler", Jahr 1928, erschienene Mitteilung über einen „praktischen Um-



schalter", der die Umschaltung zwischen einer und zwei Stufen Niederfrequenzverstärkung anregt, will ich die von mir angewandte Art der Umschaltung mitteilen. Diese Umschaltvorrichtung unterscheidet sich von der in Heft 52 des „Funk-Bastler", Jahr 1928, angegebenen dadurch, daß sie einfacher ist; allerdings ist sie nur dann zulässig, wenn beide Röhren etwa die gleiche negative Gittervorspannung benötigen; denn wie aus der Abbildung ersichtlich ist, kommt bei der Umschaltung auf Einröhrenverstärkung an die zweite Röhre die Gittervorspannung der ersten Röhre zu liegen.

Die Einfachheit und Billigkeit ergibt sich daraus, daß nur ein zweifacher Umschalter benötigt wird.

Der Einbau des zweifachen Umschalters erfolgt nach der Abbildung. Es ist darauf zu achten, daß die Umschaltzungen die Wechselkontakte nicht gleichzeitig berühren. Wie aus der Abbildung ersichtlich ist, geschieht die Umschaltung auf eine Stufe Niederfrequenzverstärkung folgendermaßen: Mittels des Umschalters wird die erste Verstärkerröhre abgeschaltet, indem deren Heizung unterbrochen wird, und zugleich wird das Gitter der zweiten Verstärkerröhre an die Sekundärseite des ersten Niederfrequenztransformators geschaltet. (Der zweite Transformator wird also abgeschaltet.) Mittels des Umschalters kann also das Gitter der zweiten Verstärkerröhre wahlweise an die Sekundärseite des ersten oder des zweiten Niederfrequenztransformators geschaltet werden. *G. Penneckendorf.*

*

Posens Wellensorgen. Die Posener Sendeleitung, die seit langem beabsichtigt, die Antennenleistung ihres Senders bedeutend zu erhöhen, hat gegen die Zuteilung der kürzesten polnischen Hauptwelle (247,9 m) durch die „Polskie Radjo", Warschau, protestiert, da sie auf dem Standpunkt steht, daß es in mehrfacher Hinsicht ungünstig ist, wenn stärkere (Haupt-) Sender Wellenlängen unter 300 m haben. Die Ausbreitung der Welle sowohl wie auch die Schwierigkeiten des Empfanges nehmen mit der Wellenlänge ungünstig ab bzw. zu, so daß damit der Entwicklung der Station, die einen von den übrigen polnischen Sendern gesonderten Sendedienst finanzieren muß, schwere Hemmungen in den Weg gelegt würden. Sie wird daher zunächst entweder auf der alten Welle 344,8 m weitersenden oder höchstwahrscheinlich die Krakauer Welle 317,5 m mit übernehmen, bis der Protest geregelt sein wird. Die Errichtung eines Zwischensenders von Posen in Bromberg ist einstweilen verschoben worden. — In Posen ist man augenblicklich eifrig mit den Vorbereitungen zu der diesjährigen „Großen polnischen Landesausstellung", die im Mai eröffnet werden soll, beschäftigt, sie wird u. a. auch eine besonders umfangreiche Abteilung für alle Gebiete des Funkwesens einschließlich des Rundfunks aufzuweisen haben.

Straßburgs Rundfunk schweigt. Der Straßburger Privatsender hat seine Darbietungen eingestellt, da die Direktion der P. T. T. endgültig beschlossen hat, einen staatlichen Sender zu errichten.

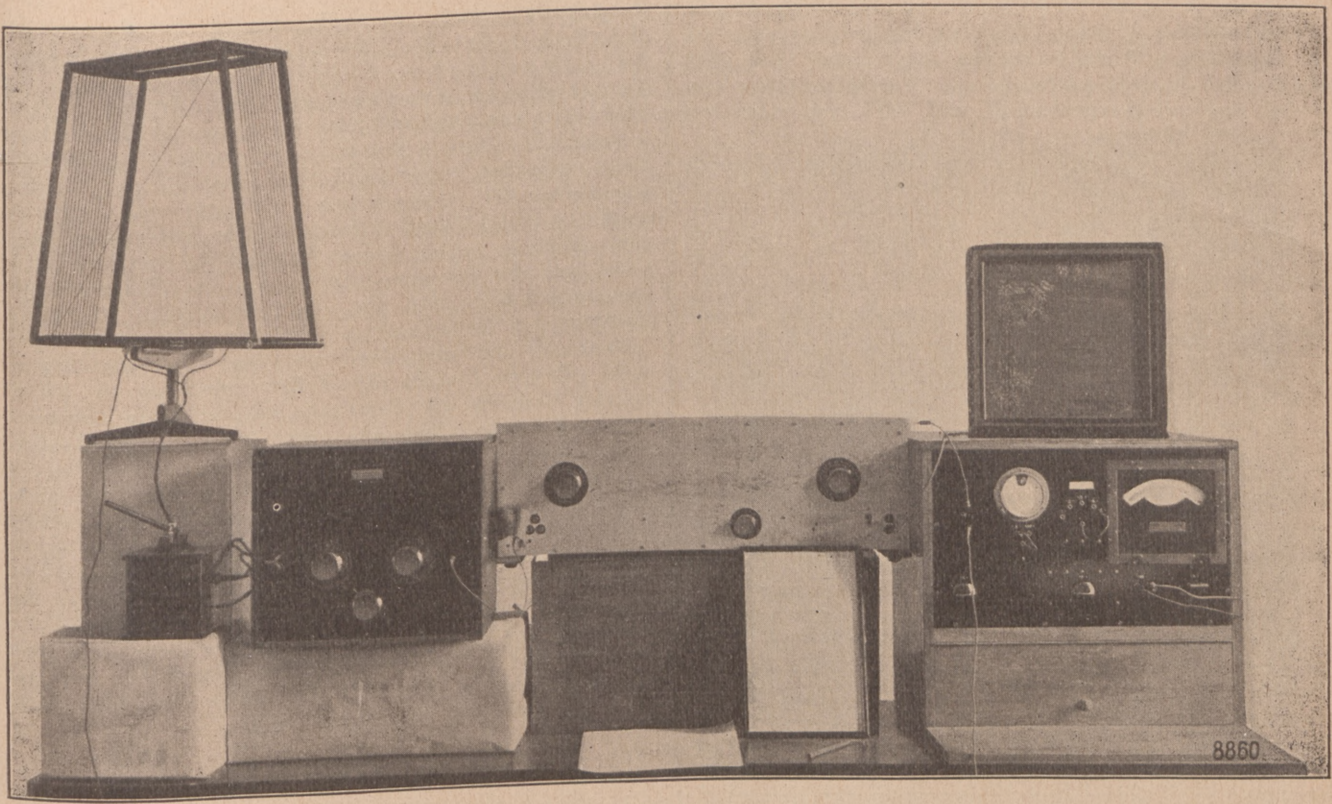


Abb. 10.

Die Richtwirkung der Rahmenantenne

Die Verbesserung der Richtwirkung. — Ein Vorschlag für eine symmetrische Rahmenantennen-Schaltung.

Von
Manfred v. Ardenne.

Im folgenden Aufsatz werden zunächst die aus der Richtwirkung des Empfangsrahmens insbesondere auch für den Rundfunkempfang sich ergebenden Vorteile des Rahmenempfanges dargelegt. Dann wird auseinandergesetzt, daß und warum in vielen Fällen die Richtwirkung des Rahmens nicht vollkommen ist bzw. sich andere als die zunächst zu erwartenden Richtwirkungen ergeben. Das kann einmal an dem Zustand der einfallenden Wellen, nämlich an ihrem Polarisationszustand und an dem Einfallswinkel, liegen (nicht horizontales Einfallen). Ferner aber kann der Rahmen selbst sowie die Anordnung des Empfängers und seine Umgebung Schuld an der nicht vollkommenen Richtwirkung tragen. Bei nicht vollkommen symmetrischer Anordnung hat der Rahmen außer der eigentlichen Rahmenwirkung noch eine zusätzliche Wirkung nach Art einer Hochantenne, wodurch das Zustandekommen eines vollständigen Empfangsminimums verhindert werden kann. Auch bei symmetrischer Rahmenanordnung werden durch den Empfänger Unsymmetrien bewirkt. Hierzu können die Erdkapazitäten der Batterien, die Erdleitung, ganz besonders auch die Netzanschlußschaltungen, Veranlassung geben. Auch benachbarte Hochantennen geben zu Unsymmetrien Anlaß. Es werden besondere Schaltungen angegeben, mit deren Hilfe sich die Fehler zum Teil vermeiden lassen. Unter den verschiedensten Bedingungen und mit verschiedenen Schaltungen angestellte Beobachtungsreihen werden beschrieben und die Ergebnisse graphisch dargestellt. Zum Schluß wird die auf Grund der angestellten Versuche als am besten zur Herstellung eines vollkommenen Minimums geeignet befundene Schaltung erörtert.

Unter den zum drahtlosen Empfang benutzten Antennengebilden zeichnet sich die Rahmenantenne durch ihre ausgesprochene Richtwirkung und durch ihre relativ kleinen Abmessungen aus. Da die Energieaufnahme aus dem Felde ziemlich gering ist, konnte sie erst nach Einführung wirkungsvoller Hochfrequenzverstärker eine ausgdehntere Verbreitung finden, und zwar hauptsächlich für die Zwecke der Richtungsbestimmung (Peilung) auf See- und Luftfahrzeugen sowie für hochwertigen Fernempfang. Der Vorteil beim Fernempfang besteht darin, daß die Summe der aufgenommenen Störungen gegenüber der Hochantenne geringer ist und Störsender, die nicht in derselben Richtung liegen wie die zu empfangende Station, ausgeschaltet werden können, so daß auch eine Vermeidung von Interferenzen möglich ist. Infolge der Richtwirkung kann mit geringerer Selektivität des Empfangsgerätes gearbeitet werden, d. h. die Aufnahme des Telephoniefrequenzbandes kann gleichmäßiger für alle Frequenzen geschehen, und es kann eine verzerrungsfreie Wiedergabe erzielt werden.

Die Bedingungen, unter denen eine ausgeprägte Richtwirkung der Rahmenantenne zu erreichen ist, sollen im folgenden besprochen werden.

Zwei Faktoren sind maßgebend für das Zustandekommen der Richtwirkung, und zwar erstens die Beschaffenheit des äußeren elektromagnetischen Feldes und zweitens die einwandfreie Anordnung der Empfangseinrichtung. Die letzte Bedingung sei zunächst als erfüllt angenommen, d. h. es sei eine reine Rahmenwirkung vorhanden. Dann hat die Richtcharakteristik, als Polardiagramm gezeichnet, das Aussehen der Abb. 1, wo in Abhängigkeit von der Einfallsrichtung der Wellen die auf den Rahmen wirkende Komponente der magnetischen Feldstärke $\mathfrak{H}_R$ (bzw. die induzierte EMK $\mathfrak{E}_R$) aufgetragen ist. Vorteilhaft für theoretische Betrachtungen ist auch die Wiedergabe derselben

Charakteristik in rechtwinkligen Koordinaten (vgl. Abb. 2), bei der auf der Ordinate $\mathfrak{H}_R$ bzw. $\mathfrak{E}_R$, auf der Abszisse die zugehörigen Winkeldrehungen aufgetragen sind. Man erkennt, daß je zwei ausgezeichnete Winkeldrehungen vorhanden sind mit maximalem (0° und 180°) und minimalem (90° und 270°) Empfang.

Bei der Funkpeilung, wo es auf eine möglichst genaue

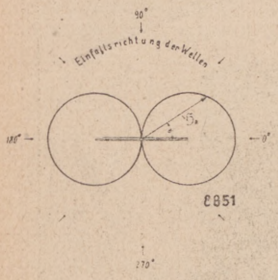


Abb. 1.

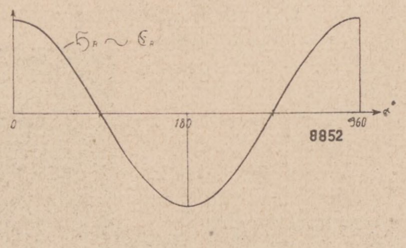


Abb. 2.

Horizontale Richtcharakteristik der Rahmenantenne.

Winkelbestimmung ankommt, wird als Einstellpunkt das Empfangsminimum ($\mathfrak{E}_R = 0$) gewählt, weil beim Nulldurchgang die Lautstärkeänderungen mit der Winkeldrehung am größten sind, wie aus Abb. 2 deutlich zu erkennen ist. Beim Fernempfang ermöglicht andererseits die Nullstellung das Ausschalten des Ortssenders und das Ausschalten von Inferenzen, sofern der Störsender nicht gerade auf 2—3° genau mit der Empfangsrichtung übereinstimmt.

Unter normalen Umständen hat man es meist mit geradlinig polarisierten Wellen zu tun. Die Einfallsrichtungen der ankommenden Wellen liegen annähernd in der Horizontalebene. Dabei liegt die Polarisationsebene, die bekanntlich definiert ist als die Ebene, die senkrecht zur Schwingungsrichtung durch die Fortpflanzungsrichtung gelegt ist, für die elektrische Feldkomponente horizontal, für die magnetische Feldkomponente vertikal, wenn das ausgestrahlte Feld, wie es fast stets der Fall ist, von einer Hochantenne herrührt (Abb. 3 a). Es fragt sich jetzt, wie sich die Verhältnisse gestalten, wenn die Polarisationsebene der magnetischen Feldkomponente, die für den Rahmen allein in Frage kommt, gedreht wird, sei es durch eine Lagenänderung der Sendeantenne, sei es durch den Einfluß des Mediums. Man erkennt aus Abb. 3b sofort, daß für die Nullstellung keine Änderung eintritt, daß dagegen das erreichbare Maximum mit dem Kosinus des Neigungswinkels der magnetischen Komponente gegen die Horinzontale abnimmt und schließlich Null wird. Betrachtet man weiter den Einfluß, der durch eine Neigung der Einfallsrichtung gegen die Horizontale hervorgerufen wird, so ergibt sich das Resultat, daß bei schräg von oben einfallenden Wellen und vertikaler Polarisationsebene der magnetischen Komponente (Abb. 4a)

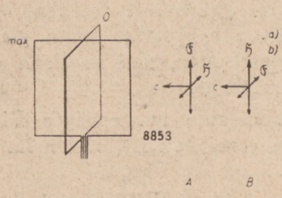


Abb. 3.

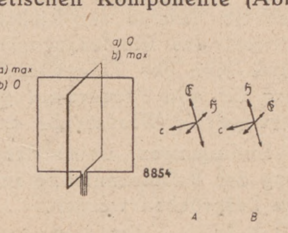


Abb. 4.

Nullstellung und Maximum erhalten bleiben, daß dagegen bei gleichzeitiger Drehung der Polarisationsebene (Abb. 4b) zwar eine Nullstellung vorhanden ist, diese aber mit der ursprünglichen Rahmenstellung nicht mehr zusammenfällt. Das Maximum, das stets senkrecht zur Nullstellung liegt, verringert sich wieder mit dem Kosinus des Winkels der magnetischen Komponente gegen die Horizontale. Damit ergibt sich allgemein, daß (unabhängig vom vertikalen Einfallswinkel) für den senkrecht stehenden Rahmen bei geradlinig polarisierten Wellen stets ein absolutes Empfangsminimum vorhanden ist, daß dagegen das Maximum des Kosinus des Neigungswinkels der magnetischen Feldkomponente gegen die Horizontale proportional ist. Ist bei schräger Einfallsrichtung gleichzeitig die magnetische Feldkomponente gegen die Horizontale gedreht, so ist ein Empfangsmaximum dann vorhanden, wenn die Rahmenebene auf der Polarisationsebene der magnetischen Feldkomponente senkrecht steht. Im rechten Winkel dazu liegt das Empfangsminimum. Man erkennt, daß in diesem Fall die Rahmenebene nicht mehr mit der Horizontalkomponente der Einfallsrichtung zusammenfällt, so daß der Eindruck entsteht, als ob die Richtung der Wellen sich geändert hätte. Es gibt also eine „scheinbare" Änderung der horizontalen Einfallsrichtung infolge schrägen Einfalls der Wellen verbunden mit gleichzeitiger Drehung der Polarisationsebene. Unter einwandfreien Versuchsbedingungen sind z. T. außerordentlich starke „tatsächliche" Änderungen des horizontalen Einfallswinkels beobachtet worden. Diese Änderungen sind durch die Beschaffenheit der Umgebung und der Erdoberfläche und durch atmosphärische Verhältnisse bedingt. Sie unterliegen starken zeitlichen Schwankungen, besonders bei Sonnenuntergang und -aufgang. Eine Gesetzmäßigkeit hat sich dafür noch nicht finden lassen. Während dabei der Einfallswinkel längerer oder kürzerer Wellen im allgemeinen als wenig von der Horizontalen abweichend gemessen wurde, scheint es nicht ausgeschlossen, daß beim prak-

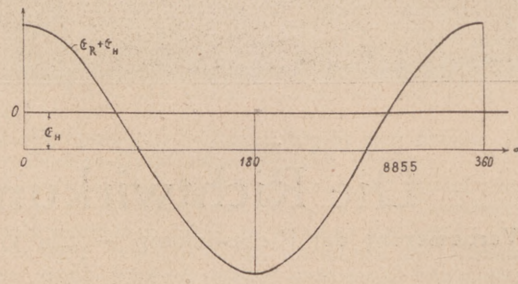


Abb. 5.

tischen Empfang, namentlich wenn metallische Leiter in der Umgebung des Empfängers vorhanden sind, durch Reflexion außer der tatsächlichen auch eine scheinbare Änderung der Einfallsrichtung auftreten kann. Wird durch genannte Umstände eine Brechung und Interferenz zweier auf verschiedenen Wegen laufender Wellen verursacht, so kann eine zirkulare Polarisation auftreten, und es ist bei schräger Einfallsrichtung ein absolutes Minimum bei keiner Rahmenstellung zu erreichen, worüber ebenfalls Beobachtungen vorliegen.

Aus der Betrachtung der Feldverhältnisse folgt, daß bei geradlinig polarisierten Wellen auch bei senkrechtem Rahmen stets ein absolutes Minimum eingestellt werden kann, daß die Rahmenebene dabei aber durchaus nicht immer senkrecht zur Horizontalkomponente der Einfallsrichtung steht. Ein sicheres Kriterium für die Einfallsrichtung bei ausschließlicher Verwendung des Rahmens ist erst durch Einstellen des absoluten Maximums durch entsprechende Drehung und Neigung derselben gegeben.

Praktische Beobachtungen haben gezeigt, daß in der Regel die Beschaffenheit des äußeren elektromagnetischen Feldes so ist, daß die Möglichkeit gegeben ist, ein einwandfreies Minimum zu erhalten. Nur wenn zufällig gerade in der Nachbarschaft ein Rückkopplungsempfänger die gleiche Station unter Anwendung starker Dämpfungsverminderung auffängt, oder einige Minuten zur Zeit des Sonnenunterganges, gelingt es häufig nicht, mit einer sonst idealen Rahmenanordnung ein scharfes Minimum zu verwirklichen.

Im folgenden soll auf die Bedingungen eingegangen werden, die für einen idealen Rahmenempfang erfüllt sein müssen. Da der Rahmen als metallisches Gebilde stets auch der Einwirkung des elektrischen Feldes ausgesetzt

ist, so nimmt er entsprechende Ladungen an, die sich bei unsymmetrischem Aufbau am Gitter der Eingangsröhre als die sogenannte Antennenwirkung (einer Hochantenne) bemerkbar machen. Dies bedeutet, daß unabhängig von der Drehung des Rahmens — eine Hochantenne nimmt von allen Seiten gleichmäßig Energie aus dem elektrischen Felde auf — eine zusätzliche konstante Empfangsspannung vorhanden ist. Diese ist zeitlich nicht in Phase mit der magnetischen Umlaufsspannung $\mathfrak{E}_R$ des Rahmens und kann daher in zwei Komponenten zerlegt werden, von denen die eine $\mathfrak{E}_H$ in Phase mit $\mathfrak{E}_R$, die andere um 90° verschoben ist. Durch Addition von $\mathfrak{E}_R$ und $\mathfrak{E}_H$ ergibt sich als Resultat eine Verschiebung der Nullinie, d. h. ein Diagramm

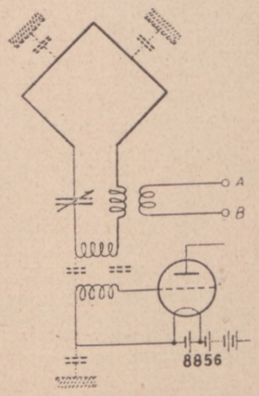


Abb. 6.

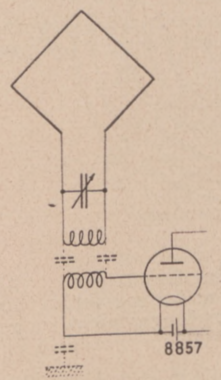


Abb. 7.

nach Abb. 5. Die beiden früheren Minima sind nicht mehr um genau 180° gegeneinander verschoben, sie werden auch nicht mehr volständig zu Null, weil ja stets noch die um 90° verschobene elektrische Komponente wirksam ist. Diese hat man sich als senkrecht aus der Zeichenebene heraustretend zu denken. Die beiden Maxima liegen noch an derselben Stelle, das eine ist aber größer, das andere kleiner geworden. Im Polardiagramm zeigt sich die zusätzliche Antennenwirkung mitunter als Vergrößerung des einen bzw. als Verkleinerung des anderen Kreises. Absolute Minima sind dabei in der Regel nicht vorhanden (vgl. die Polardiagramme weiter unten). Besteht noch eine zirkulare

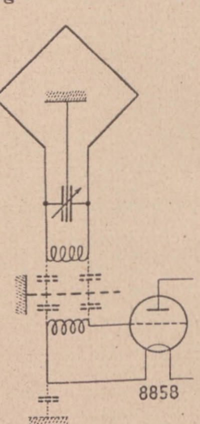


Abb. 8.

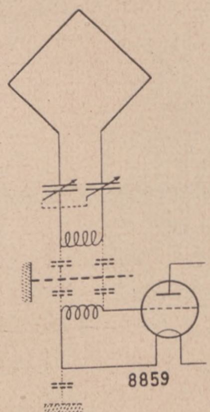


Abb. 9.

Polarisation bzw. ein Drehfeld der magnetischen Komponente, so werden die Verhältnisse noch komplizierter.

Um eine ideale Rahmenwirkung zu erzielen, muß demnach der Antenneneffekt irgendwie beseitigt werden. Dies geschieht entweder durch eine Kompensierung oder dadurch, daß durch symmetrische Anordnung sein Auftreten von vornherein verhindert wird.

Der Rahmen selbst muß zunächst frei aufgestellt werden, damit nicht bei seiner Drehung durch Annäherung an metallische Leiter die Teilkapazitäten der Rahmenhälften gegen Erde sich ändern können. Zur Verringerung der Gesamtkapazität wird ein rechteckiger Rahmen meist auf die Spitze gestellt. Aus den gleichen Gründen wird der Empfänger bei Peilern senkrecht unter dem Rahmen angeordnet und mit diesem fest verbunden, so daß beide sich gleich-

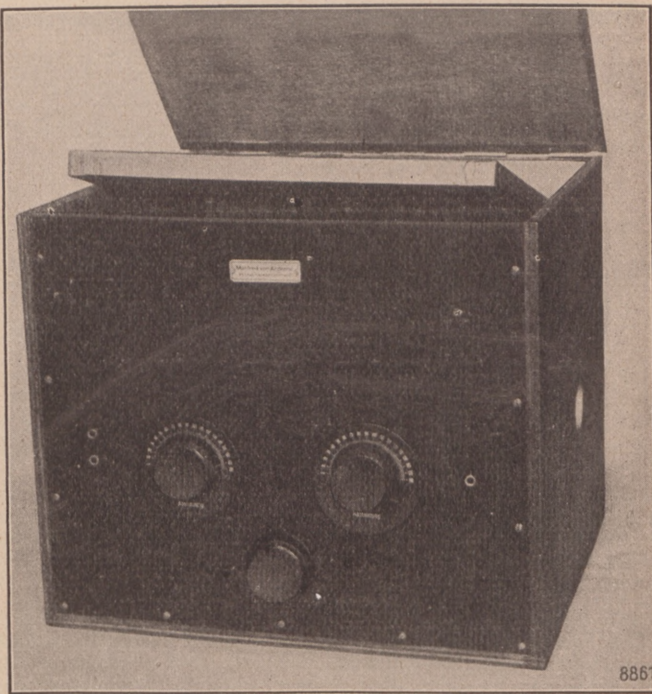


Abb. 11.

zeitig drehen, aber ihre relative Lage zueinander bewahren. Legt man eine Schaltung etwa nach Abb. 6 zugrunde, so erkennt man, daß eine vollkommene Symmetrie nicht erreichbar ist, da auf der einen Seite der Gitterspule

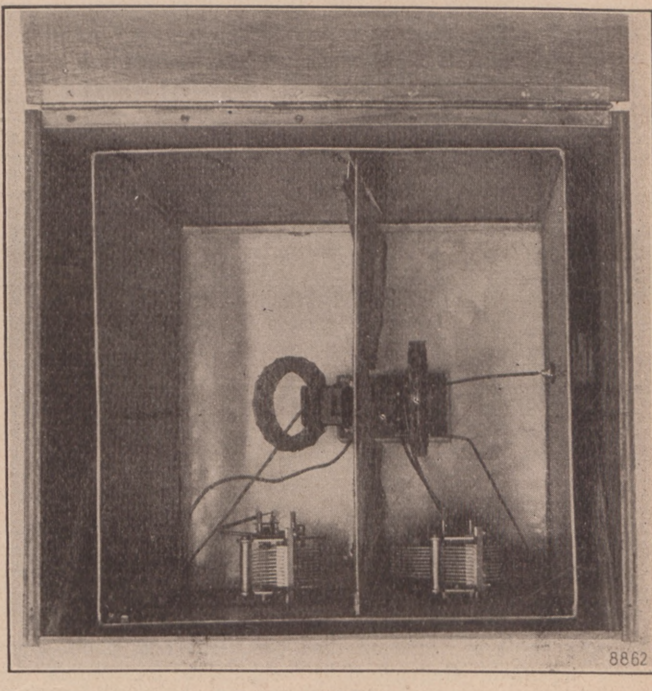


Abb. 12.

stets entweder die Batterien, die Abschirmung des Empfängers oder die direkte „Erde" liegen. Die erforderliche Kompensation wird durch Zuführung einer zusätzlichen EMK mit Hilfe einer regelbaren Ankopplung vorgenommen.

In Abb. 6 wird die Kompensationsschaltung an die Klemmen AB gelegt. Sie muß gegen die EMK des Antenneneffektes um 180° phasenverschoben sein und wird entweder einer aperiodischen Hilfsantenne oder einem abgestimmten Hilfsrahmen entnommen. Zur Erfüllung der erforderten Phasenbedingungen muß eine Hilfsantenne genügend stark verstimmt sein, daß sie das elektrische Feld aufnimmt, der Hilfsrahmen dagegen muß infolge seiner Energieaufnahme aus dem magnetischen Feld auf Resonanz abgestimmt sein. Auf genauere Erläuterung der Wirkungsweise soll hier verzichtet werden[1].

Soll der Antenneneffekt durch symmetrische Anordnung von vornherein eliminiert werden, so ergeben sich dabei zunächst beträchtliche Schwierigkeiten, zum Teil wegen der schon erwähnten Erdkapazitäten der Batterien, sowie besonders dann, wenn etwa der Empfänger mit Netzanschluß betrieben werden soll. Der direkte oder kapazitive Erdanschluß allein kann dem Empfänger keine zusätzliche Energie zuführen, sondern dies geschieht erst dann, wenn noch irgendein Gegengewicht vorhanden ist. Schon ein Drahtstück von wenigen Zentimetern kann dann schädlich wirken. Versuche haben bestätigt, daß auch bei anscheinend symmetrischem Aufbau nach Abb. 7 eine elektrische Symmetrie noch keineswegs erreicht ist. Die eingezeichneten Teilkapazitäten lassen dies ohne weiteres erkennen. Dagegen ist es gelungen, durch weitere Schaltungsmaßnahmen eine vollkommene elektrische Symmetrie zu erreichen. Es wurde der Einfluß der Teilkapazitäten ausgeschaltet, indem durch ein geerdetes Drahtgitter[2]) zwischen den beiden Spulen jede kapazitive Kopplung zur Gitterspule zu Null gemacht wird. Gleichzeitig wird die Rahmenkombination an einem elektrisch neutralen Punkte, der sich in der Mitte des Rahmens bzw. der Koppelspule bzw. in der Mitte der Doppeldrehkondensatoren befindet, geerdet. Hierdurch kann in einfacher Weise der Antenneneffekt auch bei Apparaten mit Netzanschlußgeräten vermieden werden. Eine vollständige Abschirmung des Empfängers ist wohl als selbstverständlich zu betrachten.

Bei der unsymmetrischen Schaltung nach Abb. 6, wo der Drehkondensator in Reihe mit dem Rahmen liegt — die Kompensationskopplung ist als nicht vorhanden zu betrachten —, bringt das Zwischenschalten des geerdeten Drahtgitters noch keine Beseitigung des Antenneneffektes zustande, da der Antenneneffekt infolge der Unsymmetrie bereits Ströme in der Kopplungsspule veranlaßt, die durch die magnetische Kopplung übertragen werden. In diesem

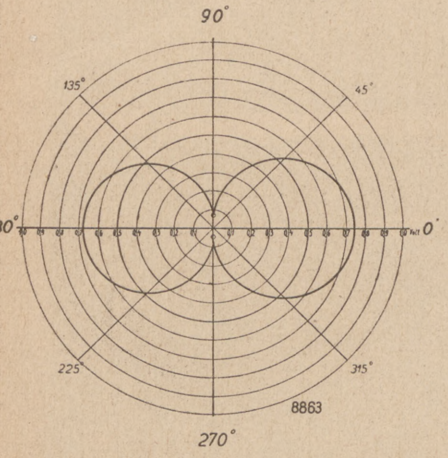


Abb. 13. Rinkelrahmen im Empfängerzimmer. (Rahmenkreis nicht geerdet, Dachantenne offen, Empfänger nicht geerdet).

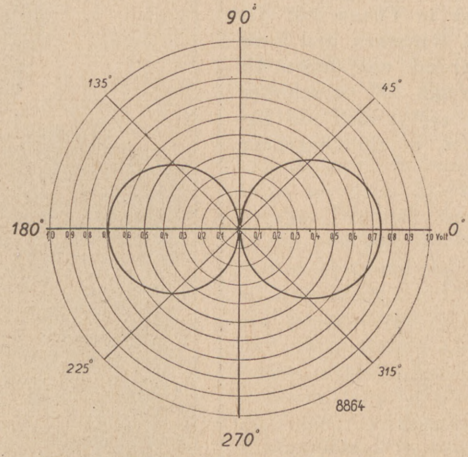


Abb. 14. Rinkelrahmen im Empfängerzimmer. (Rahmenkreis nicht geerdet, Dachantenne geerdet, Empfänger nicht geerdet.)

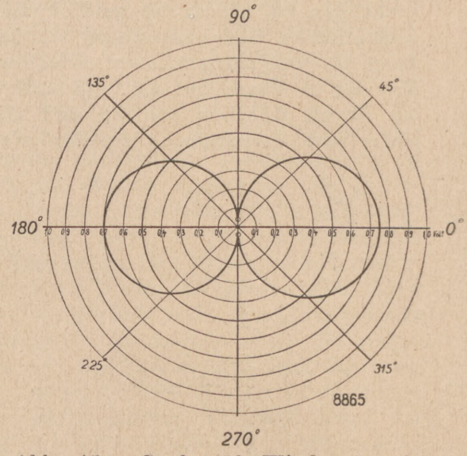


Abb. 15. Spule 50 Windungen im Empfängerzimmer. (Spulenkreis nicht geerdet, Dachantenne geerdet, Empfänger nicht geerdet.)

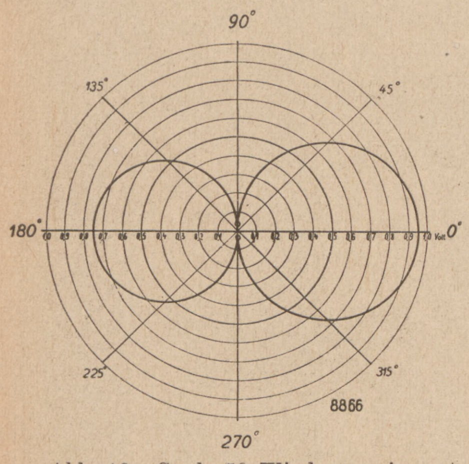


Abb. 16. Spule 50 Windungen im entfernten Zimmer. (Spulenkreis nicht geerdet, Dachantenne geerdet, Empfänger nicht geerdet.)

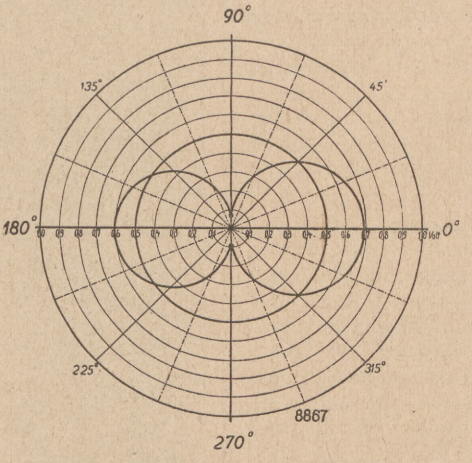


Abb. 17. Rinkelrahmen im Empfängerzimmer. (Rahmenkreis nicht geerdet, Dachantenne offen, Empfänger geerdet.)

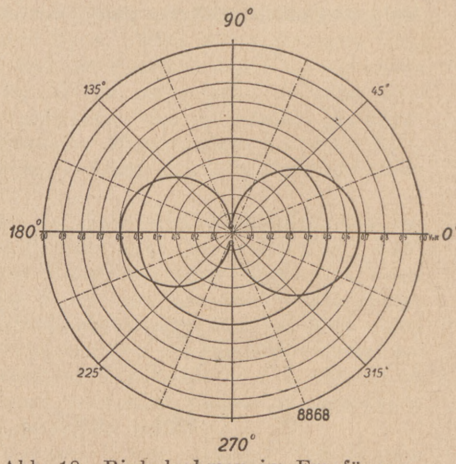


Abb. 18. Rinkelrahmen im Empfängerzimmer. (Rahmenkreis nicht geerdet, Dachantenne geerdet, Empfänger geerdet.)

[1]) Vgl. Michelssen, Beitrag zur Kompensierung des Antenneneffektes von Peilern. Telefunken-Ztg. Nr. 44, S. 71.

[2]) Näheres über die elektrostatische Abschirmung von Spulen gegeneinander findet sich in dem letzten Abschnitt des soeben erschienenen Buches „Verstärkermeßtechnik“, Verlag Julius Springer.

Falle müssen zur Erreichung der Symmetrie nach Abb. 9 rechts und links von der Koppelspule zwei gleiche miteinander gekuppelte Drehkondensatoren gesetzt werden. Da sie in Reihe geschaltet sind, so müssen ihre Kapazitätswerte, ebenso wie in Abb. 8, je doppelt so groß sein, wie beim einfachen Kondensator. Die günstigste Anpassung ist gegeben. Links ist der bei den meisten Messungen verwendete Rahmen (System Rinkel) mit 50 cm Seitenlänge zu erkennen, darunter der Abstimmkondensator; weiter rechts der Kasten mit den abgeschirmten Kopplungsspulen, dann der aperiodische Hochfrequenzverstärker und schließlich Röhrenvoltmeter und Lautsprecher. Das Röhrenvolt-

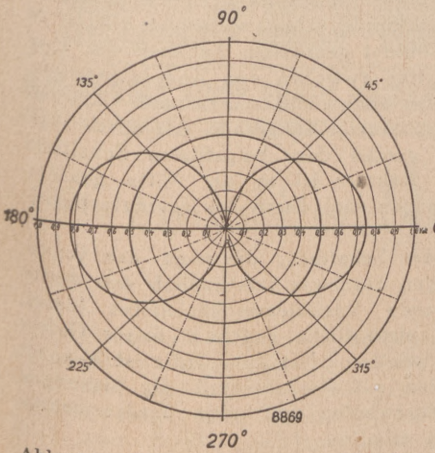


Abb. 19. Großer Rahmen im Empfängerzimmer. (Rahmenkreis nicht geerdet, Dachantenne offen, Empfänger geerdet.)

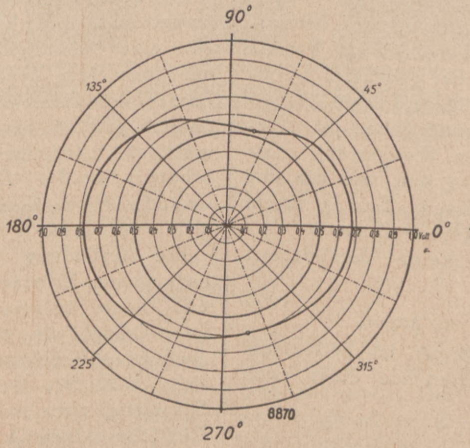


Abb. 20. Spule 50 Windungen im Empfängerzimmer. (Spulenkreis nicht geerdet, Dachantenne offen, Empfänger geerdet.)

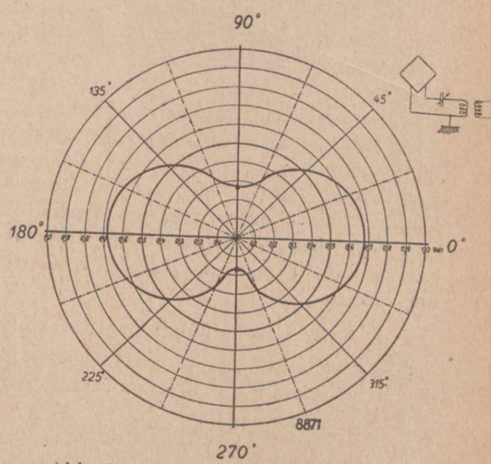


Abb. 21. Rinkelrahmen im Empfängerzimmer. (Ein Punkt im Rahmenkreis geerdet, Dachantenne offen, Empfänger geerdet.)

meist dann vorhanden, wenn die Induktivität von Rahmen und Kopplungsspule einander gleich sind. Bei der Parallelschaltung Abb. 8 müssen beide die vierfache Induktivität, d. h. die doppelte Windungszahl gegenüber Abb. 9 besitzen, aber die dem Empfänger zugeführte Energie bleibt in beiden Fällen dieselbe. da im zweiten Falle trotz der höheren Energieaufnahme beim größeren Rahmen nur der halbe Strom durch die Kopplungsspule geht. Ausgezeichnete Ergebnisse wurden auch mit einem elektrostatisch abgeschirmten Rahmen erzielt, wie er bereits bei Peilern Verwendung gefunden hat. Hierbei wurde die gesamte Rahmenwicklung metallisch eingeschlossen. Nur an einer Stelle

meter ist zur Messung der Hochfrequenzspannungen an den Schwingungskreis der Gleichrichterröhre angeschlossen. Der Lautsprecher dient nur zur Kontrolle. Die Ansicht Abb. 11 des Kopplungskastens zeigt deutlich den geöffneten Deckel der innen liegenden Abschirmung, Abb. 12 das Innere desselben, und zwar diesmal mit dem Abschirmgitter zwischen den Kopplungsspulen, das nur bei den noch besonders bemerkten Messungen benutzt wurde. Die beiden sichtbaren Drehkondensatoren waren nicht eingeschaltet, da einige Versuche auch ohne Erdung vorgenommen werden sollten. Die meisten Messungen wurden im Empfängerzimmer des Laboratoriums vorgenommen. Empfangen wurde der Ber-

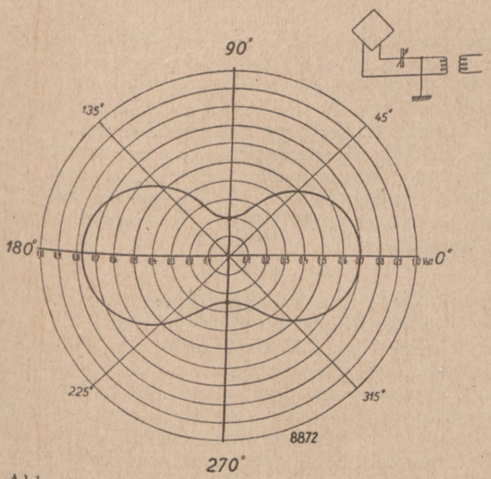


Abb. 22. Rinkelrahmen im entfernten Zimmer. (Ein Punkt im Rahmenkreis geerdet, Dachantenne offen, Empfänger geerdet.)

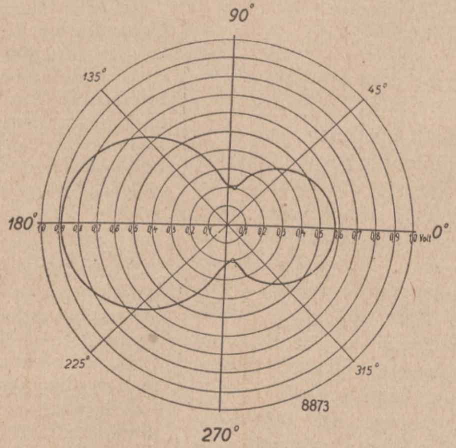


Abb. 23. Spule 70 Windungen im Empfängerzimmer. (Mitte Spule geerdet, Dachantenne geerdet, Empfänger geerdet.)

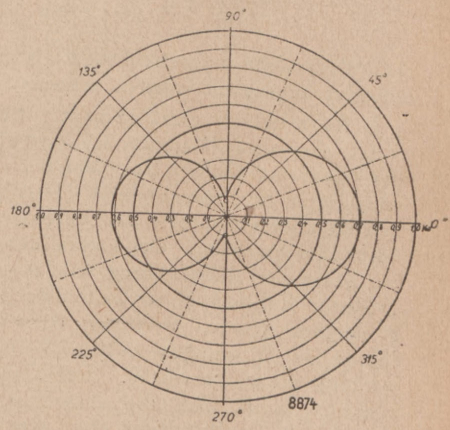


Abb. 24. Rinkelrahmen im Empfängerzimmer. (Rahmenkreis nicht geerdet, Dachantenne geerdet, Empfänger geerdet, mit geerdetem Drahtgitter.)

wurde die Metallkapselung unterbrochen, um keine Störung des magnetischen Feldes zu bewirken. Wird der elektrostatische Rahmenschirm geerdet, so ist ebenfalls der Antenneneffekt völlig beseitigt.

Zur Erläuterung des Gesagten sollen jetzt einige Polardiagramme gebracht werden, die unter verschiedenen Bedingungen im Laboratorium des Verfassers aufgenommen wurden. Die Meßanordnung ist auf der Abb. 10 wiedergegeben.

liner Sender in etwa 8 km Entfernung. Die Herabführung und Einführung der Dachantenne befindet sich in etwa 4,50 m Entfernung von der Meßanordnung in einem Erker. Zur Berücksichtigung der Wirkung der benachbarten Dachantenne wurden einige Messungen in einem weiter entfernten Zimmer, in etwa 17 m Entfernung von der Antenne, vorgenommen. Um eine klare Übersicht über den Einfluß der verschiedenen Schaltungsmaßnahmen zu erlangen, soll

eine Gliederung unter bestimmten Gesichtspunkten vorgenommen werden.

1. Empfang mit ungeerdetem Empfänger und ungeerdetem Rahmenkreis (Abb. 13 bis 16).

Die Rahmenwirkung ist hier in allen Fällen ausreichend, da das Minimum stets unter 0,1 des Maximums bleibt und bei entsprechender Spannung am Eingangsgitter der Niederfrequenz-Dreifachröhre der Lautsprecherempfang bereits verschwindend leise ist. Abb. 14 zeigt bei geerdeter Dachantenne eine bedeutende Verbesserung gegen Abb. 13, wo die Dachantenne offen ist. Abb. 15 und 16 geben die Wirkung einer Spule von 50 Windungen (Ledionttyp). Die Richtwirkung Abb. 15 ist nicht ganz so gut, wie die des Rinkelrahmens unter gleichen Verhältnissen. Das in einem von der Antennenzuführung entfernteren Zimmer aufgenommene Diagramm Abb. 16 zeigt keine Veränderung der Minima.

2. Empfang mit geerdetem Empfänger.

Das Verhalten bei geerdetem Empfänger ist bedeutsam für den Betrieb von Netzanschlußgeräten, da diese auch

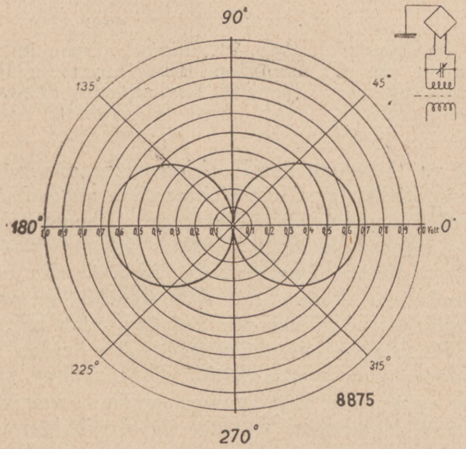


Abb. 25. Rinkelrahmen im Empfängerzimmer. (Mitte Rinkelrahmen geerdet, Dachantenne geerdet, Empfänger geerdet, mit geerdetem Drahtgitter.)

bei Wechselstromanschluß stets als mehr oder weniger stark geerdet angesehen werden müssen.

a) Rahmenkreis nicht geerdet (Abb. 17 bis 20).

Ein absolutes Minimum ist hierbei nicht zu erhalten, da die unvermeidliche Unsymmetrie sofort als Antennenwirkung in Erscheinung tritt. Durch sehr sorgfältigen Aufbau ist aber schon hier die Antennenwirkung ziemlich stark vermindert worden. Gegenüber der Abb. 17 zeigt Abb. 18 bei geerdeter Dachantenne wieder eine Verbesserung. Ein größerer Rahmen (1 m Seitenfläche Abb. 19) gibt etwas günstigere Werte, während der extrem kleine Rahmen (Spule 50 Windungen Abb. 20) überhaupt keine Richtwirkung mehr aufweist[3]). Der Grund hierfür liegt hauptsächlich darin, daß die Antennenwirkung bei derselben Anordnung der Schaltung etwa gleiche Werte aufweist, daß diese aber beim größeren Rahmen infolge der stärkeren Energieaufnahme sich relativ nicht so sehr bemerkbar macht.

b) Rahmenkreis geerdet (Abb. 21 bis 27).

Wird bei geerdetem Empfänger auch der Rahmenkreis geerdet, so tritt bei Unsymmetrie, wie zu erwarten ist, ein starker Antenneneffekt auf, und die Richtwirkung bzw. die Minima werden stark beeinträchtigt. Abb. 21 bis 23 zeigen diese Verhältnisse. Die Versuchsbedingungen sind aus den beigefügten Bemerkungen zu erkennen. In Abb. 23 ist trotz Erdung in der Mitte eine vollständige Symmetrie infolge der kapazitiven Kopplung nicht zu erreichen, wie schon oben dargelegt wurde; doch ist diese Schaltung in Anbetracht der kleinen Spule schon recht gut. Abb. 24 gibt eine Messung bei nicht geerdetem Rahmenkreis, aber mit geerdetem Drahtgitter zwischen den Kopplungsspulen. Diese Maßnahme ist also noch nicht ausreichend. Abb. 25 endlich gibt ein ausgezeichnetes Diagramm, das durch symmetrische Anordnung gemäß dem beigefügten Schaltbild erhalten wurde. Der Rahmen ist in der Mitte geerdet, und kapazitive Kopplungen sind durch das geerdete Drahtgitter vermieden.

Die Auffindung dieser Schaltung, die nach den vorangegangenen Erörterungen durchaus verständlich sein dürfte und noch entsprechende Variationsmöglichkeiten bietet, kann somit als das wesentliche Ergebnis dieser Untersuchungen bezeichnet werden. Mit ihrer Hilfe ist es möglich, auch bei Geräten mit Netzanschluß die bisherigen Schwierigkeiten zu überwinden und eine ausgezeichnete Richtcharakteristik zu erhalten.

[3]) Auch hier sind durch entsprechende Einstellung der Verstärkung die maximalen Empfangslautstärken auf gleiche Größenordnung gebracht.

Für die Bibliothek des Amateurs.

In der Mathematisch-naturwissenschaftlich technischen Bücherei (Verlag Otto Salle, Berlin 1927) ist als Band 6 eine „Einführung in die praktische Nomographie" von H. Schwerdt erschienen (122 Seiten, 62 Abbildungen, Preis 3 M.), die für alle diejenigen bestimmt ist, die sich mit der Nomographie als solcher beschäftigen wollen.

Die Benutzung der sogenannten „Nomographie", d. h. graphischer Rechentafeln der verschiedensten Art, nimmt dauernd zu; für den Techniker stellt diese Art der Auswertung von Meßergebnissen eine überaus bequeme Methode dar, die ihn von der lästigen Zahlenrechnung befreit. Der Verfasser behandelt in dem vorliegenden Büchlein die theoretischen Grundlagen der verschiedenen Anwendungsformen der Nomographie.

*

Bei der überaus vielseitigen Anwendungsmöglichkeit der Glimmlampe zu Messungen aller Art darf das Heft „Die Glimmlampe, ein vielseitiges Werkzeug des Elektrikers" von F. Schröder (Verlag Hachmeister & Thal, Leipzig, 2. Auflage 1928, 36 Seiten, 21 Abbildungen, Preis 1,75 M.) allseitiges Interesse beanspruchen. Bereits vor anderthalb Jahren hatten wir Gelegenheit, die erste Auflage dieser kleinen Schrift zu besprechen, und wir machen auch heute wieder gern auf die fast unveränderte zweite Auflage aufmerksam.

*

Auch sei auf das Werk von Prof. M. Vielmar „Wirkungsweise elektrischer Maschinen" (Verlag Julius Springer, Berlin 1928, 223 Seiten, 203 Abbildungen, Preis geh. 12 M., geb. 13,50 M.) hingewiesen.

M. Vielmar, Professor an der Universität Laibach, ist in der elektrotechnischen Literatur kein Unbekannter; seine Lehrbücher erfreuen sich großer Beliebtheit. Auch das vorliegende Buch, das den Stoff ganz anders anpackt als es sonst üblich ist, wird jeden, der an elektrischen Maschinen interessiert ist, fesseln und ihm neue Anregungen bieten. Der Verfasser wollte nicht konstruktive Einzelheiten verschiedener Maschinenformen beschreiben, sondern seinen Lesern einen allgemeinen Überblick über die Wirkungsweise elektrischer Maschinen geben.

Angesichts der Tatsache, daß es für einen nicht besonders spezialisierten (Maschinen-) Elektroingenieur praktisch unmöglich ist, in alle Einzelheiten des Maschinenbaues einzudringen, will uns das vorliegende Buch besonders willkommen erscheinen.

Verantwortl. Hauptschriftleiter: Lothar Band, Berlin. — Verantwortlich für den technischen Teil: Reg.-Rat Dr. P. Gehne, Berlin-Lankwitz. — Druck: Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Buchdruckerei G. m. b. H., Berlin SW 68. — Sendungen an die Schriftleitung nur nach Berlin SW 68, Kochstraße 9, Fernruf: F 5 Bergmann 2495. — Verlag: Weidmannsche Buchhandlung, Berlin SW 68, Zimmerstraße 94. Postscheckkonto: Berlin 883 78. Sonderkonto „Funk".